This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

+ *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.

+ *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.

+ *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.

+ *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página `http://books.google.com`

Vallejo

TRATADO

SOBRE EL MOVIMIENTO Y APLICACIONES

DE LAS AGUAS;

EN EL CUAL SE MANIFIESTA POR MÉTODOS SENCILLOS, CLAROS Y EXACTOS, CUANTO PERTENECE A SU CONDUCCION, DISTRIBUCION Y ELEVACION, SEGUN LOS DIFERENTES OBJETOS A QUE SE DESTINEN, PARA SATISFACER LAS NECESIDADES DE LOS PUEBLOS, Y LAS DE LA AGRICULTURA, INDUSTRIA Y COMERCIO: FACILITANDO EL REGADÍO Y LA NAVEGACION INTERIOR, Y PROPORCIONANDO ABUNDANTE Y EXQUISITA PESCA: DEMOSTRANDOSE ADEMAS QUE SU APROVECHAMIENTO EN ESPAÑA OFRECE UNA MASA TAN CONSIDERABLE DE RIQUEZAS, QUE SOLO SE PUEDE CONCEBIR POR LAS MUCHAS Y VARIADAS APLICACIONES QUE CONTIENE.

Obra útil, conveniente y necesaria á toda clase de personas, ya sean propietarios, ya agricultores, ya ganaderos, ya ejerzan alguna ocupacion industrial relativa á minas, molinos ó fábricas: ya desempeñen alguna de las profesiones de construccion, como la de ingenieros en todos los ramos, la de arquitectos, fontaneros, agrimensores, y la de los destinados á las edificaciones en que entran la madera y los metales.

Por D. José Mariano Vallejo.

TOMO PRIMERO.

MADRID,
IMPRENTA DE D. MIGUEL DE BURGOS.
1833.

»conducir las aguas del rio Jarama á la villa de Madrid. Tendréislo entendido, y publicaréis este mi Real Decreto. En Aranjuez á 22 de marzo de 1808. = A D. Pedro Ceballos."

Esta soberana resolucion, que siempre he tenido presente, y las importantes reflexiones que V. M. se ha servido hacerme, tanto al explicarle el plano de mi nivelacion del Jarama, Lozoya, y Guadalix, como en las diferentes épocas en que le he presentado mis obras, han sido los poderosos estímulos, que me han conducido á la formacion de este Tratado, que si no me equivoco, ha de producir ventajas considerables, por dirigirse al bien y utilidad general de los pueblos que la Divina Providencia ha puesto al cuidado de V. M.

Dígnese, pues V. M. permitirme que honre con su Augusto nombre este corto fruto de mis investigaciones, como una nueva prueba del conato enérgico y vehemente deseo, con que V. M. promueve cuanto tiene relacion con la pública prosperidad.

Dios guarde la importante vida de V. M. muchos años. Madrid 30 de mayo de 1831.

Señor

A L. R. P. de V. M.

José Mariano Vallejo.

LISTA

DE LOS SEÑORES SUSCRIPTORES

hasta fin de enero de 1833.

EN MADRID.

LA REINA NUESTRA SEÑORA, que no perdona ocasion, medio, ni fatiga que pueda conducir á promover la felicidad y bienestar de los Españoles, tan luego como llegó á sus Reales y Excelsas Manos el Prospecto de esta obra, tuvo la dignacion de *suscribirse á ella.* Esta accion, que pudiera considerarse á primera vista como de corto momento, acredita del modo mas auténtico y positivo, que identificada con los sentimientos de su Augusto Esposo, está resuelta en un todo á segundarlos, promoviendo la pública prosperidad; y despues de tantas y tan repetidas pruebas de su acendrada virtud y extraordinario talento, ya como Esposa del mas idolatrado de los Soberanos, ya como Encargada del Gobierno durante supenosa enfermedad, no ha querido renunciar tampoco á la gloria y satisfaccion de cooperar individualmente á la ilustracion en materias de tan sublime trascendencia, no desdeñándose de que su Augusto y respetable Nombre se coloque al frente de aquellas personas ilustradas y amantes del bien público, que anticipan sus fondos con tan laudable objeto. De este modo señala á otros la senda que conviene seguir en estas materias, dando este ejemplo mas que imitar á su Augusta y Excelsa Hija la Serma. Sra. Infanta doña MARIA ISABEL LUISA DE BORBON, Heredera legítima del Trono de San Fernando.

D. Juan Miguel Inclán.
D. Custodio Teodoro Moreno.
D. Andrés Coello.
D. Vicente Montero de Espinosa.
Sr. Marques del Socorro.
D. Angel de Castellanos.
Excmo. Sr. Duque del Infantado.
D. Pedro García.
D. Felipe Seco.
Fr. Mariano Nogales.
Sr. D. Justo José Banqueri.
D. Manuel Cabrera.
D. Carlos Spain y Perez.
D. Fernando Cútoli y Laguaner.
Sr. D. José Agustin de Larramendi, Director General de correos.
D. Bartolomé Tejeda y Diez.
Excma. Sra. Marquesa de Villa-

nueva de Duero, Condesa de Villariezo.
D. José María Vivac.
Sr. D. Luis del Aguila y Alvarado, Marques de Espeja.
D. Marceliano Torío y Torres.
D. Franc. Antonio de La-Carcel.
D. José Aparici.
D. Nicanor Manso.
Sr. Conde de Teba.
D. J. G.
D. Ant.º Remon Zarco del Valle.
D. Diego Somera.
El General de artillería D. Joaquin de Osma.
El Coronel de artillería D. José de Córdoba.
La Biblioteca del Real Colegio de artillería.
D. Francisco de Angulo.
Sr. Marques de Falces.
D. Mauricio Ceresoles.
D. Diego Martinez de Pinillos.
D. Juan Ramon de Paternina.
D. Manuel Romero de Tejada.
D. Bernardo Ortiz de Zárate.
Fr. Miguel Echano.
D. Romualdo Vierna.
D. Francisco Recio de la Puente.
D. Tomas Belés.
D. Braulio de la Fuente.
D. Rafael Zavala.
D. Francisco Villalar.
D. Mariano Orona y Eroles.
D. Ramon Casiano Fernandez.
D. Juan José Tejada.
D. Miguel Angel Carruana.
Excmo. Sr. D. José Alvarez de Toledo.
D. José Rivelles.
D. Joaquin C. Vieitiz.
D. Lino de Cosio.
Sr. Marques de Candelaria.
El M. R. P. Isidro Peña de la Concepcion, Rector del Real Colegio de san Antonio Abad de Madrid.
D. José Bueno, por 2 ejemplares.
D. José Antonio Perez.
D. Agapito Guzman.
D. Antonio Zapater.
D. José de Camiruaga.
D. José España.
D. Florencio Vives.
D. Antonio de Varas y Portilla.
D. Miguel Fernandez de Loredo.
D. Gustavo Thuré de Wilcke.
D. Francisco Vallespinosa.
D. Antonio Sandalio de Arias.
D. Tomas Villanova.
D. Donato García.
D. José Duro.
D. Manuel Arnao.
D. Fermin Pilar.
Sr. D. Juan Lopez de Peñalver.
D. Juan Bautista Peironet.
D. Andres Alcon.
D. Pedro Nolasco Gascó.
D. Tomas Juanes Lozano.
P. Mariano Castro, Sacerdote de las Escuelas Pías.
P. Mateo Perez, id.
D. Juan Vallespinosa.
D. Rafael Costa.
D. Juan de Mata Morales.
D. Bonifacio Delgado.
D. Nicolas Arias.
D. José María Vallterra.

EN BADAJOZ.

D. Saturio Mateo del Campo.

EN BARCELONA.

La M. I. Junta de comercio.

D. Baldivio Soler.
D. Manuel Lasala, del comercio.
D. Agustin Gali.
D. Ramon Rovira.
D. Francisco Grau, farmacéutico.
D. Pedro Duran.
D. Martin Carmona.
D. Juan de Yangües.
D. José Mas y Vila.
D. Francisco Vila.
D. Pedro Camerma.
D. Francisco de Asis Soler.
D. J. B. C.
D. Joaquin Tadin, Canónigo.
D. Jaime Matamala.
D. José Jimenez Camacho.
D. Ramon Castells.

EN BILBAO.

D. Pedro Novia de Salcedo.
D. Mariano Castaños.
D. Basilio de Landaluce.
D. Francisco de Arriaga.
D. Hermenegildo Belaunzarán.
D. Pablo de Epalza.
D. Antonio de Goigoechea.

EN BURGOS.

D. Marcos Arnaiz, Arquitecto.
El Coronel de ingenieros D. Antonio Fernandez.

EN CADIZ.

D. Javier de Urrutia.
D. Lorenzo Moret.
D. Juan Serafin Manzano.
D. Francisco Moyano.
D. Torcuato José Benjumeda, Arquitecto de dicha ciudad.

EN CÓRDOBA.

El Excmo. Ayuntamiento de Lucena.
El Sr. D. Juan Ramon de Ubillos, Arcediano de Pedroches.
D. Juan Vila Cedron, como Corregidor y Presidente del Ayuntamiento de Aguilar.

EN LA CORUÑA.

D. Melchor de Prado, Arquitecto de la ciudad.
D. Florentino de Tejada.
D. José Arias y Uria, Abogado.

EN GRANADA.

D. Juan Dionisio Caballero.
D. José Bordin y Góngora.
D. Juan Aunos.
D. Juan Rosales.

EN JAEN.

D. Francisco Martinez Robles.

EN LUGO.

Sr. D. Gonzalo Osorio.
Sr. D. José Otero Arias, sargento mayor de Provinciales.

EN MÁLAGA.

D. Juan de la Monja, Médico director de las aguas de Panticosa. *Hardales.*

EN ORENSE.

D. Manuel Banante.

EN OVIEDO.

El R. P. M. Fr. Pedro Hormillos.
D. Francisco Heredia.
D. Ramon Secades, Maestro Arquitecto de la ciudad.
D. José Llames Valdés.
D. Carlos Escosura Lopez.
D. Bartolomé Mendez de Luarca.
Dr. D. Ildefonso Ahumeda.
D. Antonio Alvarez Castañon.
El R. P. Fr. Ildefonso Simon, Abad de Bened. de Villanueva.

EN PAMPLONA.

La Ilma. Diputacion de Navarra, por dos ejemplares.
D. Juan María Pon y Camps.

D. Miguel Goicoechea y Latiegui.
La Sra. Condesa de la Torre Alta.
D. Joaquin Bayona.
D. Esteban Diaz Aguado.

EN SALAMANCA.

El Rmo. P. Mtro. Fr. Antonio de Limia, Catedrático de Teología de aquella universidad.
D. Agustin Neyla, Capellan de la Garganta de Bejar.

EN SAN SEBASTIAN.

D. Tomas Olasagasti.
D. Juan Ignacio Garmendia.
D. José Ramon de Oñativia.
D. Joaquin Anzola.
D. Ramon Goicineta.
D. José Joaquin Mariategui.
D. Rafael Cornejo.

EN SANTANDER.

D. Cristobal Bernaola.
D. Cornelio Escalante.
D. Juan Antonio Soto.

EN SANTIAGO.

Sr. D. Carlos Fernandez Medrano.
D. Francisco Javier Mendizabal.
D. Juan Bautista Aguirre.
D. Julian Malvar.

EN SEVILLA.

D. José Sanchez, Administrador de la Real Aduana de San Lucar de Barrameda.
D. Manuel Bayo, Coronel de Ing.
D. N.

EN SORIA.

D. Gerónimo Andrés, Capellan del Marques de Tena.
D. Julian Celorrio, Cura párroco de Ntra. Sra. de la Mayor.

EN TORTOSA.

Sr. D. Joaquin Olivano, Canónigo.

EN VALENCIA.

D. Fernando Ferris, Cura de la Puebla Larga.
D. Hermenegildo Blasco.
D. Juan Roca de Togores.
El Sr. Marques de Montartal.
D. Gregorio Colmenares.
Los Sres. Gozalvez y Perez, de Alcoy, por 3 ejemplares.
D. José de los Antos.
D. Pascual Perez y Roca.

EN VITORIA.

D. José Santos de Ayala.
D. Martin de Sarasibar.
D. Manuel Ordogoiti.
El Conde del Valle.

EN ZARAGOZA.

D. Mariano Eito.
D. Antonio Monilla.
El R. P. Fr. Joaquin Aramburu, Comendador de San Lázaro.
D. Miguel Rocafort, Rector de Torre los Negros.
D. Juan Mendoza.
D. Mariano Mateo.
D. Antonio Cabeza, Abogado.

De algunas provincias no se han recibido las notas de los suscriptores. Las que lleguen se insertarán en la lista del segundo tomo.

PRÓLOGO.

Es tan notoria y evidente la necesidad absoluta que hay en España de proporcionar aguas para el abastecimiento de los pueblos y satisfacer las necesidades de la Industria y Agricultura, que parece supérfluo detenerse á probar la utilidad é importancia de una obra, en que se trata, *no solo de conseguir los objetos enunciados, sinó de establecer la navegacion interior para dar salida á los esquisitos frutos de la Península, proporcionar abundante pesca, evitar los contínuos y terribles estragos que causan las avenidas, y combinar de tal modo los elementos de la produccion agrícola, que se cambie repentinamente en frondosidad el aspecto árido y estéril que presentan nuestros campos, y que se reanime y convierta en próspero el estado decadente de nuestra Ganadería y Agricultura.*

Tal es el fin que me he propuesto en la publicacion de este *Tratado.* La empresa es tan árdua y difícil, como importante y necesaria. Y para que no se repute á temeridad ó presuncion el que haya emprendido un asunto de tan alta y sublime trascendencia, juzgo indispensable hacer algunas indicaciones para justificar mi atrevimiento al acometerla.

Es bien sabido de todos los que tienen una instruccion regular, que nuestro suelo está brotando riquezas por todas partes; y como sin embargo no somos tan felices como podemos y debemos serlo, ha formado el asunto de mis profundas meditaciones, por espacio de

muchos años, el escogitar los medios que se deberían adoptar para que los beneméritos habitantes del territorio español puedan sacar el partido mas ventajoso de la feracidad á que convida su clima. Por esta causa, despues de haber asistido á cuantas cátedras tienen relacion con el influjo de nuestra prosperidad, despues de haber recorrido gran número de las provincias de España y adquirido muchas noticias de sus mas instruidos y zelosos moradores; despues de haber viajado por Francia, Inglaterra y Holanda, visitando los establecimientos científicos, literarios, tecnológicos, artísticos ó industriales, y consultando á los Sabios, Artistas y Agricultores de mas profundos conocimientos, me he llegado á convencer de que el no sacar los Españoles todas las ventajas que les ofrece su fecundo suelo, proviene de que *la masa de los conocimientos científicos, indispensables para conseguir tan importante objeto, no se ha puesto bajo el punto de vista que corresponde, para que, aprovechándose de ellos toda clase de personas, puedan disfrutar de los bienes que les presenta el mismo terreno que pisan, tan susceptible de aumentar y mejorar toda suerte de producciones naturales.*

Convencido íntimamente de esta verdad, he juzgado ser de mi obligacion manifestar el resultado de mis continuas lucubraciones sobre tan importante materia: esperando que las inexactitudes que yo pueda cometer, darán márgen á que otras personas mas sabias, ó que hayan sufrido ménos vicisitudes y penalidades, completen lo que yo deje imperfecto. Nada diré aquí sobre el contenido de esta obra, ni sobre los medios que me han conducido en cada investigacion; porque el anticipar estas idéas, en vez de ilustrar al lector y preparar su entendimiento, no servirían mas que para ofuscarle. Por esta causa he preferido el manifestar en la introduccion el plan de la obra y su contenido; y el insertar las re-

flexiones, noticias y tentativas particulares, al hablar de cada materia: con lo cual, ademas de evitarse repeticiones, se consigue, en mi concepto, mayor claridad y fluidez.

Pero lo que sí es muy propio de este lugar, y de que no puedo prescindir, es de manifestar, que siendo el objeto de la presente obra facilitar la inteligencia de aquellas verdades científicas mas sublimes y elevadas, de donde proceden los métodos, las aplicaciones y reglas para convertir en provecho y utilidad propia lo que ahora se mira como inútil y aun perjudicial, mi principal empeño en esta parte se ha dirigido á que las personas de ménos luces puedan emplear con acierto y ventajas sus capitales en aquellos ramos á que los llame su interés individual.

Bien pudiera yo haber seguido en la composicion de este Tratado diferentes rumbos ó caminos; pero si me hubiese propuesto dirigir mi voz solo á los Matemáticos, era limitar la adquisicion de lo que esponía únicamente á los que poseyesen la parte mas sublime del Cálculo: de lo cual resultaba el ser muy reducido el número de personas á quienes podía ser útil. Si yo hubiese elegido el sistema de esponer solo las reglas prácticas, hubiera hecho estensivo su uso á mayor número de personas; mas como las reglas prácticas en materias científicas, sin manifestar su fundamento, no inspiran la debida confianza, tampoco juzgué que debía elegir este rumbo. Y despues de mucha meditacion, me decidí por el método siguiente: *indicar siempre el principio de donde parto, citando el parage de alguna obra científica conocida, en que se halle demostrado; hacer despues todos los cálculos y aclaraciones convenientes, hasta llegar á deducir una regla práctica, que se pueda poner en ejecucion por los que solo tengan un conocimiento regular de las operaciones numéricas, y que yo espongo en mi Aritmética de Niños; que las espresadas reglas sean ta-*

les que se puedan hallar los resultados con la exactitud conveniente, por cuya razon todos los números constantes los he calculado con mas guarismos decimales de los que ordinariamente ocurren, para que el lector haga uso de los que juzgue necesarios; y presentar en seguida de cada regla práctica, el competente número de ejemplos para acostumbrar al lector á ejecutarlos: poniendo por notas aquellos cálculos mas elevados, para desembarazar el texto del mayor número de abstracciones teóricas, y para que todo se presente con facilidad y al alcance del mayor número de personas.

Por último, lo que mas encarecidamente ruego al lector, es que si alguno de mis asertos le parece exagerado, suspenda su juicio hasta consultar á la esperiencia; y teniendo en consideracion que por los métodos fecundos que poséen las Ciencias en el dia, está ya muy reducido el número de los imposibles, procuren ensayar cuidadosamente lo que propongo: con lo cual, no podrán ménos de tener éxito favorable sus empresas. Y si por este medio, los Españoles llegan á prosperar y ser felices, yo me contemplaré el mas dichoso de los hombres.

ADVERTENCIA.

Un número, dentro de un paréntesis, denota que la operacion ó proposicion en que se funda lo que se está efectuando, se halla en el párrafo del mismo libro que tiene dicho número; cuando la cita se refiera á libro diferente, ó á otra obra, se espresará tambien dentro del mismo paréntesis. Las notas mias en toda la obra van señaladas con *; y las correspondientes á los Autores, cuya doctrina trasladamos en algunos parages, van señaladas con números.

INDICE

de las materias contenidas en este primer tomo.

INTRODUCCION, que contiene todas las idéas generales acerca de los fenómenos á que dá orígen el agua; el grande influjo de este líquido en todas las operaciones de la naturaleza; y la division de esta obra en diez libros, con la espresion del contenido de cada uno de ellos. . . . . *pág.* 1

LIBRO PRIMERO.

Valuacion de la cantidad á que puede ascender el importe del agua que sin uso ni aplicacion á las necesidades de la vida, corre actualmente por el territorio español, ya se considere para atender á las necesidades de la Agricultura, ya para que sirva de motor en las máquinas de los establecimientos industriales, ya para que produzca esquisita y abundante pesca, y ya para que coopere al trasporte de los comestibles, géneros y mercancías por la navegacion interior. Se divide en 5 capítulos. . 35

CAPÍTULO PRIMERO. *Cálculo del aumento de produccion que recibiría la Agricultura, estableciendo el regadío en la mayor parte del territorio español.* 36

CAPÍTULO SEGUNDO. *Valor de las aguas que corren por el territorio español, si se empleasen como potencia motriz en los establecimientos industriales.* 46

CAPÍTULO TERCERO. *Riqueza que puede proporcionar á la España el fomento de la pesca, en todo el sistema de navegacion interior que se puede y conviene realizar en la Península, segun se hace ver en el libro 9.º.* . 63

CAPÍTULO CUARTO. *Valuacion de la riqueza que puede proporcionar el agua que hoy no tiene uso en España, empleada en el trasporte de los frutos, géneros y mercancías por navegacion interior.* 67

CAPÍTULO QUINTO. *Reflexiones acerca de que el empléo simultáneo del agua para regar, mover las máquinas, criar pesca, y servir á la navegacion, no disminuye el cálculo hecho para el resultado total á que puede ascender el aumento de riqueza que puede producir el oportuno aprovechamiento de las aguas.* 67

LIBRO SEGUNDO.

Resúmen histórico de los conocimientos hidráulicos hasta nuestros dias, indicando las obras mas sobresalientes sobre esta materia. 75

§ 1. Primera época. *Comprende hasta el tiempo de Galiléo.* . . . . . *Id.*

§ 8. Segunda época. *Comprende desde el tiempo de Galiléo hasta el de Daniel Bernoulli.* 78

§ 13. Estracto de la obra intitulada *Mar Adriático y sus corrientes*, examinadas por el doctor *Geminiano Montanari.* 80

§ 14. Id. del discurso de *Viviani sobre el modo de impedir el que se cieguen y corroan las madres ó álveos de los rios, aplicado al Arnó.* . . . 80

§ 15. Id. del *Tratado de la naturaleza de los rios, por Gullielmini* con notas de *Eustaquio Manfredi.* 81

recapitulacion de las fórmulas y reglas generales
vimiento de las aguas, ya salgan por orificios ó
de estanques ó de toda especie de depósitos, ya o
lo descubierto por canales ó por rios, ya vayan
ó encañados: con el modo de distribuirlas en la
de hacer las aplicaciones á la resolucion práct
cuestiones, que sobre el movimiento de las aguas
atender á los usos económicos de los pueblos, á
Agricultura, y á proporcionar motor á las máqu
ramos de industria. . . . . .
CAPÍTULO PRIMERO. Determinacion de la fuerza cen
za de la gravedad en cualquier parage del Globo. .
CAPÍTULO SEGUNDO. Deduccion de las fórmulas y reg
movimiento del agua ó de cualquiera otro fluido,
pequeños en comparacion de las superficies de los
los contienen. . . . . .
CAPÍTULO TERCERO. Modificaciones ó correcciones que
fórmulas anteriores, ya sea por el efecto de la contracc
cuando el orificio no tiene la forma embudada ó cam
estar el líquido en movimiento en los depósitos e
aberturas ú orificios. . . . . .
CAPÍTULO CUARTO. Resolucion de las principales cu
ocurrir acerca de la salida del agua por aberturas
delgadas, y en que el orificio es muy pequeño en
superficie del depósito. . . . . .
CAPÍTULO QUINTO. Resolucion de las principales cue
ocurrir acerca de la evacuacion ó salida del agua p
adapta un tubo adicional, en el supuesto de que la
a muy pequeña en comparacion de la superficie
e éste subsista constantemente lleno. . . . . .
CAPÍTULO SEXTO. Reflexiones generales acerca del
vasos ó depósitos

LO OCTAVO. *Idéas generales relativas á la conduccion de las aguas; y lucion de las principales cuestiones que pueden ocurrir acerca de su imiento en los canales, rios, arroyos, caces, acueductos, acequias, etc.* 258
LO NOVENO. *Manifestacion de los métodos que se pueden emplear encontrar la superficie de la seccion de una corriente de agua, y ntidad de líquido que pasa por ella en un tiempo dado. Resultado os últimos esperimentos hechos en Italia sobre este particular en randes rios; y consecuencias generales que de ellos resultan, comdos con las fórmulas establecidas.* 294
LO DÉCIMO. *Resolucion de las principales cuestiones que pueden rir acerca del movimiento de las aguas por encañados ó tubos de luccion, y de los surtidores.* 332
LO UNDÉCIMO. *De la distribucion de las aguas.* 350
LO DUODÉCIMO. *Indicaciones generales, y observaciones ó máximas se deben tener presentes en la conduccion de las aguas, é idéas ó noes estractadas de varias obras que pueden ilustrar el objeto que en nos proponemos.* 355
. Noticias tomadas de la obra intitulada *Fluencia de la tierra y curubterráneo de las aguas* por *don Teodoro Ardemans.* 364
. Estracto de la obra intitulada *Ensayo sobre los medios de conir, elevar y distribuir las aguas* por *Mr. Genieys*, impresa en Paaño de 1829. 371
. Id. de la obra intitulada *Elementos de Física experimental y de eorología* por *Mr. Pouillet*, impresa en París años de 1827-1830. . 395

LIBRO CUARTO.

as históricas de la Arquitectura Hidráulica, y estado actual de la struccion de las obras en el agua: sucinta enumeracion de los inenientes que dicha construccion presenta en el dia; y nuevo método gitado por mí para este género de construcciones. 476
LO PRIMERO. *Noticias históricas acerca de las construcciones hiulicas, y doctrina mas importante para que se forme la competente de su actual estado.* 478
LO SEGUNDO. *Sucinta enumeracion de los inconvenientes que preta la construccion actual de las obras en el agua; noticia de las cahidráulicas de Francia, Inglaterra y Rusia, y de las que ya tengo nocidas en España, con las que se pueden minorar, pero no evitar lodo punto, dichos inconvenientes.* 560
LO TERCERO. *Esplicacion de mi nuevo método de construcciones hiulicas.* 572
LO CUARTO. *Indicacion de los parages de España en que debería blecerse desde luego mi nueva construccion de obras hidráulicas, al os por via de ensayo.* 613

INTRODUCCION.

1 El agua es el cuerpo que mas abunda en la naturaleza; pues por una parte se la encuentra á cualquier profundidad en lo interior de la tierra; y por otra, se halla que cubre la mayor parte de la superficie de nuestro Globo, que por esa razon se llama *Globo Terráqueo*. Ademas, ella es esencialmente necesaria para la existencia tanto de los animales como de los vejetales; pues que la sangre de los primeros, y la sávia de los segundos, no viene á ser sinó agua cargada mas ó ménos de otras sustancias: entra tambien como factor, en gran número de los séres minerales, al ménos cuando están cristalizados, y forma parte integrante del planeta que habitamos.

Sin embargo, yo he presenciado discusiones acerca de si es un cuerpo de orígen mineral como el fierro, el mármol, el granito, el pedernal, &c.; ó si es de orígen atmosférico, y de la atmósfera viene á la tierra.

2 Por fortuna, el espíritu analítico, difundido ya casi en todos los conocimientos humanos, ha enseñado á prescindir de este género de cuestiones, y á fijarse en el exámen de los hechos, que, bien observados, manifiestan las leyes con que obran; y esto equivale muchas veces á si conociésemos *à priori* las causas, para deducir de ellas sus efectos.

3 Principiarémos estas investigaciones, haciendo observar el fenómeno que se presenta por sí mismo á todos con mas frecuencia; este es el de caer el agua en gotas de la atmósfera á la tierra, formando lo que se conoce bajo el nombre de *lluvia*. Cuando el agua de lluvia es poca, toda ella se introduce en la tierra, ó causa solo el efecto de humedecer su superficie; cuando es mucha, parte se introduce en la tierra, y parte desciende por su superficie á los parajes mas bajos, formando torrentes, arroyos y rios, que despues desembocan en los mares.

4 La que se introduce en el seno de la tierra, desciende á su interior, se va filtrando entre sus capas, hasta que halla una de estas ó una roca que le sea *impermeable*, esto es, que ella no pueda atravesar; en cuyo caso, el agua corre por encima de dicha capa ó roca, sigue sus sinuosidades, y va á salir á la superficie terrestre en los parajes profundos, formando manantiales ó fuentes, que, reuniéndose luego entre sí, dan orígen á los arroyos, y despues á los rios, que la conducen tambien al mar.

5 El calor del sol evapora el agua de los arroyos, lagos, estanques, rios y mares; y teniendo el vapor acuoso menor peso específico que el aire, pasa invisiblemente á la atmósfera. Cuando estos vapores han llegado á las regiones elevadas, que por lo regular están mas secas y frias que las inferiores, se vuelven á condensar por el frio, y cae otra vez el agua á la tierra en forma de *relente*, *rocío*, *lluvia*, *granizo*, *nieve*, *etc.*, segun el estado de la atmósfera *; y se repite otra vez esta misma série de fenómenos.

6 Cuando, en un paraje determinado, hay montañas de altura suficiente, queda congelada allí el agua, segun la estacion, á mas ó ménos altura en forma de *nieve*; el calor del sol la derrite á veces en todo ó en parte, y otra cantidad se derrite por el calor terrestre, se introduce en lo interior del Globo, ó corre por las partes mas bajas de su superficie, y contribuye tambien de este modo á aumentar los arroyos, los rios y los mares; de donde comienza otra vez á reproducirse el fenómeno de pasar á la atmósfera, y de esta á la tierra, &c.

7 Las aguas, que corren por lo interior de la Tierra al través de las masas minerales, se cargan mas ó ménos de diversas sustancias que llevan consigo cuando salen á la superficie terrestre. En general, las que salen de la terrenos *primitivos* ** ó *areniscos*, son limpias y puras; pero las que han atravesado montañas calcáreas, y principalmente yesosas, llevan consigo una cantidad mas ó ménos considerable de dichas sustancias, que las hacen poco agradables para beber, y no sirven para ciertos usos domésticos: sucediendo casi lo mismo á las que han permanecido ó pasado por los terrenos de trasporte, donde sustancias piritosas, animales y vejetales, han dado lugar á la formacion de algunas sales ó materias solubles.

---

* Véanse los párrafos 525, 526, 527, 528 y 529 del 2.º tomo de mi Compendio de Matemáticas.

** Véase el §. 578 del mismo tomo.

8 Las aguas, que han atravesado capas impregnadas de semejantes sales y materias, y que contienen una cantidad notable de ellas, independientemente de la cal y del yeso, toman vulgarmente el nombre de *aguas minerales*; y se caracterizan ademas con el epíteto de *termales*, cuando salen calientes de lo interior de la Tierra.

9 Como los rios se forman de la reunion de una gran cantidad de fuentes ó manantiales, deben contener las mismas sustancias; pero estando disueltas entónces en una gran cantidad de agua, dichas sustancias apenas se hacen sensibles.

10 Las aguas corrientes se cargan, sobre todo en tiempo de avenidas, de materias terrosas, que depositan despues en forma de limo, lodo ó barro en los parajes en que su velocidad disminuye.

11 Cuando las aguas pluviales caen sobre un terreno de *trasporte* *, se introducen entre las moléculas de arena y de tierra que le componen; y en virtud de su gravedad, se van abriendo paso, y descienden por lo interior de la tierra, hasta que encuentran alguna roca ó capa impermeable, que por lo general se compone de arcilla mas ó ménos pura. No pudiendo entónces profundizar mas, las aguas resbalan ó corren por encima de dicha capa ó roca; siguen sus pliegues ó sinuosidades, y van á salir á la superficie terrestre por su interseccion con la mencionada capa ó roca, formando allí lo que se llama una *fuente ó un manantial*.

12 Algunas veces estas capas tienen una forma cóncava, y presentan grandes hondonadas ú oquedades, en las que se reunen las aguas procedentes de las filtraciones, y permanecen allí formando como pantanos ó depósitos subterráneos, en los que se sumerge tambien la parte de terreno *permeable*, ó que les da paso, y que está encima. El nivel de estas aguas estancadas se eleva sucesivamente á causa de las filtraciones, que siempre continúan dirigiéndose hácia allí, hasta que dichas aguas encuentran alguna hendedura, rendija, grieta ó salida, que las conduce á la superficie del terreno, algunas veces á una distancia considerable, resultando igualmente por este medio una fuente ó un manantial.

13 Tambien suele suceder en algunas localidades, que hay capas inclinadas de arcilla ó rocas, separadas por una masa de tierra floja, que las aguas penetran, y se elevan en ellas, estando contenidas lateralmente por las expresadas capas, como podrían estarlo por las paredes de un vaso; y cuando una colina ó montaña se com-

* Véase el §. 579 de dicho tomo 2.º del expresado Compendio.

pone de capas inclinadas, sucede con frecuencia que las fuentes salen todas del mismo lado de la colina, y se observa que brotan ó manan las aguas casi siempre hácia el lado en que las capas se introducen en la tierra, miéntras que no aparece ninguna fuente por el lado opuesto.

14 Las fuentes provienen otras veces de la filtracion de las aguas de los rios, que van á salir, á cierta distancia, en parajes que están inferiores al nivel de aquellos en que principia la filtracion.

15 Si las aguas pluviales caen sobre una roca, ó llegan á ella despues de haber atravesado un terreno de trasporte, siguen por sus hendeduras hasta que la roca viene á ser enteramente compacta; en cuyo caso, se rebalsan hasta que encuentran una hendedura que pueda conducirlas á la superficie terrestre. De aquí se deduce, que en las rocas de pocas hendeduras, ó en que éstas solo penetran á una corta profundidad, las fuentes podrán ser muchas en número, pero poco abundantes en agua. Así se verifica en casi todos los terrenos primitivos, y principalmente en los *graníticos*; pues se advierte que las aguas nacen por muchas partes puras y limpias; pero cada manantial suministra una pequeña cantidad. Mas, si las rocas son permeables, y presentan hendeduras que penetren á grandes profundidades, como sucede en todas las calcáreas secundarias, entónces las aguas pluviales descenderán frecuentemente mucho mas bajo que el nivel de los valles vecinos, y se reunirán allí formando los grandes depósitos subterráneos que ya hemos mencionado. Las enormes grutas y cavernas, que estas rocas contienen, les suministrarán una oportuna colocacion, y se llenarán enteramente de agua, hasta que este líquido encuentre alguna hendedura que la conduzca fuera; lo que dará lugar á una fuente ó manantial, cuya fuerza será de algun modo proporcional á la extension superficial del depósito, ó mas bien á la del espacio que envía allí sus aguas. En virtud de esto, las fuentes podrán ser poco numerosas en semejantes terrenos, y resultar valles enteros ó espacios de muchas leguas cuadradas desprovistas de ellas; pero las que allí se encuentren serán por lo regular bastante abundantes de agua. Así es, que de las montañas calcáreas salen las que son célebres por el gran volúmen de agua que suministran. Yo he reconocido la famosa fuente de *Vauclusa*, cerca de Avignon en Francia; y un solo manantial, que se halla al pie de una roca calcárea, que está cortada casi verticalmente, produce en el tiempo de sus aguas medias, como el triplo de la cantidad de agua que lleva nuestro rio Ebro en el invierno al pasar por el puente de

Miranda. Tambien nace en un terreno calcáreo la fuente del Orbe en el Jura, que se considera ser el orígen del Danubio.

16 La diversa disposicion de las grutas, y de sus comunicaciones en estas mismas montañas, da lugar á los fenómenos de las *fuentes intermitentes ó periódicas*, que los antiguos tenían por de mal agüero para el que llegaba á ellas cuando no manaba el agua, y que es un fenómeno natural como cualquiera de los otros. En efecto, si el conducto por donde sale el agua del depósito subterráneo, es recurvo en forma de *sifon* *, y puede hacer derramar mas agua de la que entra en el depósito, despues que él haya vaciado toda la que hay entre el nivel de su convexidad y el punto en que empieza el sifon en el depósito, cesará el chorro ó tránsito del agua; y no volverá á correr ó salir, hasta que la procedente de las filtraciones sucesivas haya llegado de nuevo á la altura de la convexidad del sifon **.

17 Las fuentes son en general, á igualdad de circuntancias, mas abundantes en las montañas que en los valles, por diferentes razones.

---

* Véase el §. 255 de mi Compendio de Mecánica práctica.

** Para convencernos de ello, supongamos un corte de una montaña, tal como la (fig. 1.ª), en la cual haya una concavidad A B C D E F G, á donde vengan á parar uno ó mas conductos de aguas filtradas, tales como m, n, r, s, t, y que dicha cavidad tenga por algun paraje de la parte superior como n, r, s, &c., comunicacion con la atmósfera. En este caso, hasta que la cantidad de agua, procedente de las filtraciones, &c., no haya llegado al mismo nivel A B, que el punto D, no principiará á salir por G; en cuyo caso, habiendo principiado la evacuacion, continuará haciéndolo hasta vaciarse enteramente; y cesará de salir el agua hasta que la cantidad de este líquido, conducida por las filtraciones ó de otro modo cualquiera, haga elevar otra vez su nivel hasta A B, que volverá á principiar á salir agua por G; y de este modo se repetirá el fenómeno, con mas ó ménos intérvalos de tiempo, que se podrían calcular con la mayor exactitud, si se diese conocida la capacidad A B C, la cantidad de agua que entra en un tiempo dado, y la que podría salir por G. Ademas, segun sea la disposicion del punto de salida, podrá suceder que el agua salga presentando el aspecto de un manantial ordinario como en G, de un surtidor ó saltador vertical como en H, de un surtidor oblicuo como en I, ó de otras diversas maneras, que solo dependen de la disposicion de la abertura por donde salga el agua, pudiéndose verificar á un mismo tiempo varias de estas circunstancias.

Las fuentes *intermitentes* mas célebres, por reunir al mismo tiempo las circustancias de ser muchas en número, de ser intermitentes, y presentar surtidores verticales ó inclinados, son las de Islanda, que se encuentran cerca de *ciento* en una circunferencia de ménos de una legua, y siendo al mismo tiempo termales. La duracion de las erupciones y de las intermitencias no pasa de diez minutos; algunas elevan el agua á mas de 150 pies españoles. La temperatura es de 80 á 100 grados centígrados, y sale por un agujero perfectamente cilíndrico de mas de diez pies de diámetro en la mas notable, llamada *Geyser*, que en la lengua de aquel pais quiere decir *furioso*, y está representada en la (fig. 2.ª), donde se indican los cantos y otras materias que elevan.

Plinio, que ha contribuido á que estas *fuentes intermitentes* ó periódicas

[illegible] en las montañas, al ménos en c
árboles, las plantas, los musgos que están s

---

e tengan por de mal agüero, supone que las ha
le ellas bajo el nombre de *fuentes tamaricas*, q
como *don José Hipólito de Ozaeta* quieren probar
as montañas de Leon, y el otro cerca de la villa c

Para desterrar de una vez todas las idéas inexa
ular puedan subsistir, y comprobar que una fuent
o tan natural como salir el sol, ponerse, llover
ervir de agüero malo ni bueno, ya se llegue cuan
o estén secas, citarémos una que ha sido intermit
o tiempo en paraje bien concurrido, y que hast
ido ningun influjo en el bien ó el mal de las per
n estado viéndola.

En efecto, los dos caños que arrojan los leones
en Madrid han sido interminentes durante muc
e verano de 1830 han mudado la cañería.

Yo he visto siendo niño, á cinco leguas de Gran
Saleres y sitio llamado *Viñas del orbe*, una fuen
nominada desde la mas remota antigüedad *fuente*
que alguna erupcion ó alguna intermitencia du
icias que posteriormente he podido adquirir, no
que observan sus periodos. El estado presente
ar por espacio de tres años, ha empezado á c
1830.

Este hecho, que está reconocido por todos l
as, se explica matemáticamente de un modo
to, se sabe que por una consecuencia de la atra
e, cuando una plomada, ó un péndulo hace sus
na gran montaña [illegible]

pueden dejar de contribuir á favorecer la formacion de las fuentes; pues ademas de cooperar á la condensacion de los vapores suspendidos en el aire, la frescura que esparcen al rededor de sí y el obstáculo que ponen á que los rayos del sol penetren hasta el suelo, impiden, ó al ménos disminuyen considerablemente la evaporacion de las aguas que allí caen, en lo cual tiene tambien mucho influjo la mayor oblicuidad con que hieren los rayos del sol en las montañas; por cuyo motivo no pudiendo evaporarse las aguas, se ven como precisadas á introducirse en el terreno, y á producir fuentes en sus faldas.

3.ª Las nieves y los hielos, que cubren los vértices de las altas montañas, suministran un alimento contínuo á un gran número de manantiales ó fuentes que salen de su pie aun durante las mayores sequedades; y acaso dichas fuentes aumentan en la época de los mayores calores, que es cuando las otras fuentes disminuyen.

4.ª La forma de las montañas, su elevacion sobre el suelo que las rodéa, su mayor ó menor permeabilidad al agua respecto del terreno de los llanos en general, &c., contribuyen tambien á que las

---

á la manera que lo hacen nuestros vestidos, nuestros cabellos, &c., cuando atravesamos por un paraje donde hay niebla.

Por otra parte, en las montañas que tienen arbolados en sus cimas ó en sus faldas, se observa aun en el mismo estío, que la traspiracion de las plantas, al pasar á la atmósfera, que está allí por lo general mas fria que en los valles, á proporcion de su altura, se condensa á la manera que se verifica con la humedad de nuestro aliento en el invierno; y asi como esta forma una especie de nube bien perceptible y que se condensa al instante humedeciendo muy sensiblemente los embozos de nuestras capas, &c.; del mismo modo, la humedad que, por la traspiracion de las plantas de las montañas, pasa á la atmósfera, se condensa inmediatamente aun en el tiempo de mayor calor, y humedece los vejetales y la tierra á que están adheridos. Yo he observado este fenómeno al ir á la Granja en medio del verano. La traspiracion de los inmensos pinares, de que están cubiertas aquellas montañas en todas sus faldas, quedaba condensada inmediatamente de un modo tan sensible, que turbaban la trasparencia de la atmósfera en medio del estío y cuando no habia en sus inmediaciones ni nube, ni ninguna otra causa á que se pudiese atribuir la expresada falta de trasparencia.

Hay tambien otra razon para que se formen nubes con mas abundancia en las montañas que en los valles; y es debida á los fenómenos de la *capilaridad*, que hemos dado á conocer (§. 403 y siguientes II C.). En efecto, los vasos de los vejetales, que están destinados á chupar los jugos de la tierra, y á distribuirlos en todas las partes del vejetal, vienen á ser una especie de tubos ó canales sumamente estrechos; y por esta causa, aun independientemente de otras que tambien cooperan á este objeto, se puede explicar el ascenso de dichos jugos hasta la parte mas alta de los árboles. Para hacerlo perceptible, debemos observar que, por los experimentos de Mr. *Gay-Lussac*, resulta que en un tubo de una línea española de diámetro, sube el agua mas arriba de su nivel por la atraccion capilar, hasta mas de quince líneas españolas; y como por una parte hemos demostrado (§. 409

... *montañas que en los valles*; pue
cantidad de lluvia que cae anualmente, se
y no en las montañas.

19 *Hemos llegado á deducir por n*
están al alcance de todos, que *el agua*
ahora debemos añadir, que, para dar un
caractéres como cuerpo mineral, é indicar
portancia de las funciones que ejerce este a
laboratorio de la naturaleza, se puede dar l

20 *El agua es un cuerpo inorgánic*

II C.) que dicho ascenso aumenta en razon in
por otra, en atencion á la finura de los conducto
cado en lo interior de los vejetales, no aventu
que haya vasos, entre los destinados á extraer
distribuirlos á las partes del vejetal, que vengar
les de una milésima parte de línea española de
esta sola causa, é independientemente de otras q
mismo efecto, sea capaz de elevarse el agua de
una altura de mas de *quince mil líneas españolas*
de *cien pies españoles*; por lo que, esta sola ca
cer subir los jugos desde el seno de la tierra,
chupadoras, y elevarse hasta la parte superior
lentos, y que se verifique por sus hojas una con
racion. De manera, que considerando en grand
cion, aparece que los vejetales vienen á
nos, conductos á

géneos, de la composicion mejor determinada, y dotado del
mas constante, de las propiedades características que per-
en á un cuerpo mineral, cristaliza como los cuerpos minera-
formando como ellos terrenos de una estension considerable.
cuentra frecuentemente en tres estados, á saber: en estado
, en estado líquido y en forma de fluido ó de vapor, segun
ntidad de calórico que contiene. Cuando se halla en estado
, presenta variedades de forma y de estructura, como las
xactamente determinadas, reuniendo cuantas circunstancias
eden apetecer en un cuerpo inorgánico para ser reputado
especie mineral; y presentándose en masas de considerable
sion en la cima de las altas montañas, á manera de las ro-
as formidables. En su estado líquido sirve de alimento á los
les, se fija en ellos y acrecienta sus partes sólidas; mana
entrañas de la tierra, corre por los arroyos y los rios, y
los grandes depósitos que se conocen bajo el nombre de ma-
que sirven de vehículo á las embarcaciones para hacer co-
ar entre sí los pueblos mas remotos, estendiendo y facilitan-
mismo tiempo el comercio. Penetra en lo interior del Globo
una profundidad desconocida, y acaso ejerce allí una cierta
cacion sobre los otros cuerpos, análoga á la que se obser-
los que ocupan su superficie; y cuya accion modificante im-
mucho saber apreciar, para sacar partido de lo que nos
favorecer y disminuir los inconvenientes de lo que nos puede
licar. Su impulso sirve de motor á una multitud de máqui-
n útiles como ingeniosas. Convertida en vapor se estiende
atmósfera y da orígen á las nubes, que corren por las re-
superiores á manera de torrentes, y al tocar en las mon-
, se detienen en ellas, humedeciendo cuanto allí existe; y
ombre tiene á su disposicion, en el parage que le acomode,
tencia superior á todas las conocidas, la debe á este cuer-
vertido en vapor.

agua es el elemento, por decirlo así, en que viven una
d de seres organizados; sirve de bebida al hombre y á to-
que pueblan la tierra y los aires; por su coccion
os nutritivos de las sustancias animales y
para que, haciéndose accesibles á
de alimento. En su seno se
rales y de sustancias, á las
r una nueva existencia, ela-

borándolas para satisfacer á nuestras necesidades y procurar nuestras conveniencias.

Los efectos del agua se hallan enlazados con todo lo que interesa á la existencia y modificaciones de los séres; pues sin su auxilio no pueden los cuerpos obrar los unos sobre los otros, á causa de que para esto, es preciso, que al ménos uno de ellos, esté en disolucion; como se patentiza en la purificacion de todas las sales y del azúcar, en la fabricacion de los ácidos y de los álcalis; en la preparacion de las materias colorantes, en su fijacion en los tejidos, en los lavados indispensables, en las operaciones metalúrgicas y docimásticas, y en general en todas las manipulaciones de las artes industriales.

22 *El agua ejerce una accion general sobre todos los cuerpos; penetra en su interior, se aloja entre sus moléculas, que separa mas ó ménos, y produce una verdadera dilatacion; de modo que se halla tan esparcida en la naturaleza, que obra perpétuamente, y muchas veces sin que nosotros lo percibamos, sobre todos los cuerpos y sobre nuestros mismos órganos. Es el objeto de mas absoluta necesidad; y su influjo y utilidad en todas las épocas y circunstancias de la vida civil y en las artes es de tal modo reconocida, que no solo debemos ocuparnos de esplicar sus numerosos é importantes usos, sinó tambien de indicar los obstáculos que el agua ofrece muchas veces á nuestros designios, los efectos ocultos que se deben á su presencia, y las fuerzas motrices que resultan de sus diversos estados, á fin de que el hombre convierta en provecho suyo los mismos inconvenientes que el agua presenta.*

23 *El agua parece estar unida con los minerales de tres modos muy diferentes.*

1.° *Simplemente interpuesta, pero de un modo mas íntimo, que por la sencilla humectacion, ó si estuviesen solamente humedecidos; pues que estos minerales no se secan tan prontamente como cuando han adquirido la humedad por inmersion; y una vez secos, el agua, que vuelven á tomar por inmersion, no les hace adquirir las mismas propiedades. Así es, que cuando pierden su agua de cantera, no se pueden labrar con tanta delicadeza como ciertas artes ó usos exigen; y aunque se sumerjan otra vez en el agua, no vuelven á tomar el género de tenacidad que gozaban al salir de la cantera.*

2.° *El agua se halla de todo punto combinada en los minerales, y no se les puede despojar totalmente de ella, sinó por medio de un calor frecuentemente muy poderoso.*

En otros casos, el agua combinada en los minerales pa- formar parte esencial de la especie; pues se presenta siem- n ellos casi en las mismas proporciones.

El agua es uno de los principales agentes de la vejetacion, el concepto de algunos el *único*; pero como nada de lo que va- á establecer, conviene que esté fundado sobre opiniones exagera- dudosas, inciertas ó aventuradas, nos contentarémos con partir echo, que es reconocido por todos, á saber, de que *el agua es utamente necesaria para la vejetacion* *, prescindiendo de tar acerca de si ella sola es ó no suficiente para tan interesante on de la naturaleza.

Otro de los agentes mas importantes que sirven para la ve- on es el *calor*; cuyo influjo no solo se estiende á cooperar al niento de la sávia, á descomponer, combinar y asimilar las cias alimenticias de las plantas, sinó que como sin el calor, el agua su estado de liquidez, convirtiéndose en hielo, y las s no pueden recibir su alimento ó nutricion, sinó cuando el está líquida, resulta que *sin calor tampoco puede haber veje-*; por lo cual se considera *como límite de toda vejetacion el e donde, ya sea por su altura sobre el nivel del mar, ó por stancia al ecuador, se obtienen siempre nieves perpetuas*, s, donde existe el agua siempre en estado sólido, y no puede r allí jamas su estado líquido.

Aunque en lo que llevamos espuesto, hemos hecho uso de labras con que se denominan las varias corrientes y depósitos ua, no estará demas el que fijemos su verdadera significacion, os muchos perjuicios que resultan de tomar unos las palabras ferente sentido que otros.

Así, todo parage, ó sitio de la tierra, en que se ve el agua salir interior, es lo que se llama *fuente* ó *manantial*; de manera, las diversas corrientes de agua que adornan, refrescan y fertili- la superficie del Globo, se llaman *fuentes*, y conservan este nom- todo su curso próximo á su salida del suelo al traves del cual llevan; estas fuentes, á cierta distancia de su orígen, se reunen unas y forman las corrientes d agua, que se caracterizan con el

---

el modo con que obra el
, deben leer atenta-
adas en la Cátedra
fesor don Antonio
y 14.ª

[illegible] de agua
llaman *riachuelos*; y estos por su reunion en
ma hoya hidrografica forman los grandes *rio*
hacer una distincion entre las palabras *Flume*
espresar con la primera *un gran rio que des*
por la segunda *uno que carece de estas c*
uniendose á otro mas caudaloso pierde su nom
publido establecer, a pesar de las definiciones d
division bien precisa entre dichas palabras; p
la palabra *riviere* hablando del rio de las Ama
este es el rio mayor del universo *.

2.° La cavidad, que ocupa una corriente d
llama su *lecho*, *madre* o *cauce*; y la línea fi
mas profunda, es lo que se llama *Thalweg* entr
ajes de la tierra, que sirven de limite a est
os, se llaman *bordes*, *riberas*, *orillas* o ma
no elevadas: pero si la corriente de agua est
illas son escarpadas, toman el nombre de *ri*
illas de una corriente de agua, que se encuent
e la baja, es la *orilla derecha*, y la otra es
2.° El parage en que una corriente descarga
un lago, o en el mar, se llama *desembocad*
r; y el sitio donde se reunen dos corrientes

* En efecto, el rio de las Amazonas, que tam
bien, *Solimoes* y *Marañon* [illegible]

encia. Cerca de las orillas de las rios, el movimiento de las siempre es mas lento que en el medio de la corriente; es o, y á veces retrógrado en una gran estension, hasta el pri- ecodo que hace dirigir el agua hácia el medio de la corriente, suele llamar *eje del rio.* Este movimiento retrógrado, que en s parages es bien sensible, es lo que se llama *un remolino.* los rios tienen remolinos en sus desembocaderos en el mar. El ien caracterizado, que yo he visto, ha sido en el *Támesis* cer- Lóndres. El *Misisipí* lleva tantas aguas, y es tan sumamen- pido en la primavera, que no se puede subir por él sinó apro- ndose de las *contra-corrientes ó remolinos.*

Al entrar los rios en el mar, suelen dividirse sus aguas en corrientes que reciben el nombre de *brazos*, y forman en- un triángulo, que, cuando es equilátero, se parece á la le- mayúscula, que los griegos llaman *delta*, y designan con este er Δ; y así se dice la *delta* del *Nilo*, del *Ganges*, del *Pó*, &c.; el o de los diferentes *brazos* formados por un rio, toman el nom- *bocas*, tales son las del *Ródano*, del Nilo, del Ganges, &c.

El flujo del mar hace que suba el agua por los desembóca- de los rios, se opone al descenso de las aguas de estos, y pro- o que se llama una *oleada ó barra de agua*, que algunas veces n estragos, por los árboles que arrancan, y las rocas que des- en, como sucede á la que se verifica en el rio de las Amazonas, los indios llaman la *pororoca*, y que se compone de tres á olas de quince á veinte pies de altura.

Cuando el lecho de una corriente de agua muda repentina- de nivel, forma lo que se llama una *caida ó salto.* Si sus se precipitan de una grande altura, se estrellan y rompen so- s rocas, y se elevan, formando espuma, este salto se lla- *ascada.* Si un rio cae formando varias cascadas de seguida, e oir á lo léjos el estruendo que resulta del descenso de sus , esta serie de caidas ó de cascadas, se designa con el nombre *tarata.*

L catarata mas célebre del mundo es la del rio *Niagara* en mérica septentrional; cae el agua de una altura de 140 pies: en arage de la catarata tiene el rio media legua de ancho y mas de pies de profundo; luego que el agua ha caido al fondo, rebosa mucha elevacion y forma una espuma blanca como la nieve, y mpre está en movimiento como si hirviera; los vapores que levanta recen un denso humo sobre los cuales reverberan los rayos del sol,

a antigüedad, se advierte con frecuencia que, cuando quieren elevarse á consideraciones generales, mezclan muchas preocupaciones estravagantes, y ciertos sistemas absurdos que detienen el esfuerzo de su ingenio, y alteran la escelencia de su juicio.

35 Otras veces el curso de un rio se debilita en virtud de las filtraciones subterráneas, sin perderse enteramente debajo de tierra; entónces su lecho ménos profundo, forma algunas veces lo que se llama un *Vado*, que es un parage por donde el hombre puede atravesarle con seguridad; y en general, se dice que un rio es *vadeable*, cuando su fondo es llano y sólido, su curso no es demasiado rápido, sus orillas son accesibles, y que se puede pasar sin peligro, á pie, á caballo, ó en carruage.

36 Las lluvias periódicas, que se verifican entre los trópicos, producen tambien en los rios de la Zona Tórrida, *crecidas igualmente periódicas*; así es, como el Nilo, el Ganges, el Senegal, &c. en ciertas épocas del año salen de madre, y bañan durante muchos meses la vasta estension del pais que fertilizan. Entónces frecuentemente las planicies poco elevadas, que separan las fuentes que desaguan en los grandes rios, hallándose cubiertas de agua, se comunican entre sí, mientras dura la inundacion; de este modo es como, segun refieren los viageros, la laguna de *Jarayes* y la de *Parma* reunen al rio de la *Plata*, el de las *Amazonas*, y el *Orinoco*; y sin las cascadas que allí existen, se podría en esta época atravesar la *América Meridional* por *agua*, del Norte al Sur.

37 En las zonas templadas, la fusion de las nieves en primavera y en estío, y la cantidad de lluvia que cae en ciertas épocas del año, aumentan el volúmen de los rios, acrecientan su rapidez, y producen tambien avenidas, inundaciones y fuentes temporales. La diferencia entre *avenida* é *inundacion* es la siguiente: *avenida* es un esceso considerable de agua en un arroyo, torrente ó rio, que aumenta la fuerza de la corriente; pero que, sin embargo, el agua no sale de sus márgenes para ocupar las tierras circunvecinas, que se llaman *riberiñas*. La *inundacion* se verifica en el caso de que por aumentar las aguas, ó por romperse alguna de las obras destinadas á contenerlas, salen las aguas de sus márgenes ordinarias, cubren los campos, y causan perjuicios de consideracion.

38 Los saltos, las cascadas, las caidas, las desapariciones debajo de tierra, las inundaciones y crecidas periódicas ó irregulares, presentan muchas veces obstáculos insuperables á la navegacion de los rios, cuyo curso, sea por sus sinuosidades, sea por sus

[illegible] de la China,
y el *Yang-tze-Kiang*, el canal de *Medio*
el Mediterráneo con el Océano, y varios
ra, son los canales mas notables que exi
Globo. En España sería el mas ventajoso el q
Orio con el Mediteráneo por *Tortosa*, y cuya
te presenta ménos dificultades, en virtud de
yo tengo hechos, y de las investigaciones con
y 9.° de esta obra.

39 Los nacimientos de un gran númer
conocidos; los del *Nilo*, del *Indo*, del *Ga*
y del *Yang-tze-Kiang* no han sido todavía
de todos estos rios, se encuentran trazados en
nacimiento, en virtud de indicaciones vagas
tales como el *Zaïre*, el *Zambezé*, &c. en *Af*
tre, el de *Siam*, &c. en *Asia*; no han sid
poca distancia de sus desembocaduras, aunq
trazan su curso desde su origen; en fin, por
able, se conoce el nacimiento del *Niger* en
sio de su curso, miéntras que se ignora la
una gran distancia de su nacimiento, y el
desembocadura.

40 Los grandes depósitos de agua que se
[illegible] de los [illegible]

bra *laguna* encierra la misma idéa que *lago*, sin mas diferencia que aplicarse á un depósito de mayor estension que el lago; y cuando las lagunas llegan á ser de tal capacidad que desembocan en ellas rios considerables, se caracterizan con el nombre de *mares interiores.*

41 Frecuentemente la abundancia de las lluvias produce depósitos de agua, que la evaporacion hace desaparecer. En los paises templados, estos depósitos de agua son simples *balsas* ó *charcas*, que no merecen ser notadas; pero entre los trópicos donde llueve como suele decirse á *cántaros*, forman *lagos ó mares interiores periódicos y temporarios*; cuando principian á desecarse vienen á formar vastos pantanos que suelen contener plantas, que se elevan por encima de su superficie ó de los terrenos humedecidos, pero no sumergidos.

42 Los pantanos, lagos y lagunas no solo se forman en las partes bajas de los terrenos, sinó hasta en las partes altas de las montañas. Así es, que se encuentran en los Alpes, en los Pirineos, &c.; y en algunos parajes de la América septentrional hay montañas, cuyas cimas son cenagosas, y están frecuentadas por aves acuáticas; miéntras que los valles situados al pie, compuestos de rocas, están secos y son estériles. En España hay varias en las cimas de las montañas en diferentes parajes. Hay una en la parte superior de las montañas de Somosierra, denominada laguna de *Peñalara*, que se halla como unos 7200 pies sobre el nivel del mar, y da orígen á diversos riachuelos, entre ellos al *Lozoya*. Tambien se halla otra llamada la *Caldera* en la Sierra nevada de Granada en un valle entre el *picacho* de *Veleta*, y el de *Mulhassem*, ó *Muley-hasen*, á unos ocho mil pies sobre el nivel del mar, y cuyas filtraciones parece que forman el nacimiento del famoso rio *Genil.*

43 En la cercanía de los mares, de los rios y de las fuentes, se encuentran muchas veces especies de terreno, que participan de las propiedades del suelo de los lagos y de la tierra firme: tales son en Holanda los que llaman *polders*, los que en Dinamarca llaman *Kogs*, y los *juncales* de Fuenterrabía en España, que todos ellos son terrenos, robados al Océano que los cubria, y que encerrados por diques y por *canales de desecamiento* se cultivan con ventajas conocidas. Tambien hay terrenos que forman *islas flotantes*: son producidos por los cañaverales que, por crecer demasiado espesos, se pudren las fibras de las raices por donde se unen al suelo inferior; y como toda la masa de tierra que abrazan, viene á ser mas ligera que el agua, el empuje de esta las hace desprender del sue-

lo, y flota en la superficie. Esto no les impide producir nuevas
fias, porque la materia de las antiguas raices, contenidas en e
montones flotantes, les suministra un alimento suficiente. Cua
las arenas y otras materias acarreadas por las aguas se colocan
su superficie, de modo que vengan á ser específicamente mas pe
das que el agua, caen al fondo, desaparecen ó forman un nuevo s
lo elástico, compresible y apoyado en una base firme que vien
ser despues una tierra nueva, sólida y permanente; esta es la c
sa sencilla y natural de este fenómeno, que parecia tan admir
á los antiguos, y que fué para ellos la fuente de tantas ficciones l
llantes é ingeniosas.

44 Los rios y los lagos tienen sus islas, sus penínsulas,
promontorios, sus cabos, sus ensenadas y sus puertos, que solo
fieren de los del mar, en ser mucho mas pequeños; y en cuya
plicacion no entrarémos, por hallarse en todos los libros y pront
rios de Geografia.

45 En general, las lluvias, las inundaciones, y el calor del
dan á la vejetacion en toda la Zona Torrida, un vigor y una
lleza desconocida en los climas templados. Un verdor perpé
la gracia y magestad de las formas, y lo agradable de los va
sombrios, son los atributos de los árboles en sus selvas; la fec
didad de la naturaleza se despliega tambien en los arbolillos y
las plantas herbáceas, en las flores y en los frutos, que pre
tan figuras mas singulares y variadas, colores mas vivos, sab
mas fuertes, y olores mas agradables. Los animales se multipli
con mas rapidez; los pajaros, los pescados y los insectos desh
bran nuestros ojos, y rivalizan por su brillo con los metales y
dras preciosas.

46 La naturaleza siempre variada, presenta raras veces los
mos tipos de una manera uniforme; y parece haber hecho una
ta compensacion de sus dones; así es, que si entre los trópicos
manifiesta formas vejetales mas imponentes, si el barniz de las
jas es mas brillante, si las plantas abundan mas en frutos su
lentos y sustanciosos, en resinas aromáticas; si los árboles mas
vados están constantemente allí adornados de las flores mas h
mosas, mas odoriferas; si la corteza quemada de sus viejos tro
forman contrastes mas agradables con el fresco verdor de las e
daderas ó bejucos; en vano se buscarian en dichas localidades las
tas y grandes praderias, que en las zonas templadas recrean nue
vista de un modo tan delicioso, y que hacen tambien resaltar lo c

no de las aguas; no se conoce allí la renovacion de la sávia en
navera, que dando un impulso nuevo á la vejetacion, forma con-
te con los horrores del invierno, y produce las dulces sensacio-
, reservadas únicamente á los habitantes de los climas del nor-
En fin, si la naturaleza ostenta en los paises calientes el lujo
sus colores, ó abundancia de sus perfumes, y los sabores mas
isitos, no por esto se debe creer que haya privado enteramen-
e sus beneficios á estas zonas entristecidas por el frio, cuya man-
parece tan desagradable á los habitantes de los climas tem-
los: allí se presentan en las lindes de los bosques, las bayas
s y perfumadas de la fresa y frambuesa; el abedul exhala en
rimavera un fuerte olor de rosa, los sombríos pinabetes se fes-
an del verde mas delicado, el alerce se engalana con sus conos
ados, el serbal con sus racimos de escarlata, los musgos se ri-
an de violado y de púrpura; y diversas especies de cólinaba os-
an sus matices variados de grís, de azul, de blanco, de amari-
r de bermellon; en fin, los hongos se presentan bajo todas las
nas y bajo todos los colores, conservando tambien sus hojas verdes
el año, aun en la proximidad de los círculos polares, los pinabetes
etos, así como lo hacen en el ecuador las hermosas palmeras.
7 La España es el único pais, que puede reunir naturalmen-
uantas producciones existen en el Globo, desde el ecuador á los
s. Por su situacion geográfica ocupa la parte de Europa casi mas
idional en la zona templada; por lo cual disfruta, en general, un
a dulce, benéfico y apacible; y su disposicion *geológico-topográfi-*
es la mas adecuada para todo género de producciones. En efec-
si consideramos su parte mas meridional, la hallarémos en con-
o con el Mediterráneo, que la separa del Africa, y resguardada
norte por una cordillera de montañas: de donde resulta, que Va-
cia, Murcia, Motril, Almuñecar, Málaga, Cádiz, San Lucar, &c.
frutan de los mismos aires que la Zona Tórrida. La España re-
e tambien la circunstancia en su parte meridional, de tener monta-
as tan altas, que conservan en sus cimas las nieves perpétuas. Mo-
il es uno de los pueblos mas adecuados para las producciones de
a *Zona Tórrida*; y así es, que se crian en él la caña de azucar, el
algodon, &c. El espresado pueblo se halla casi en el mismo meri-
iano que la *Sierra nevada de Granada*, cuyas cimas están siem-
pre cubiertas de nieve hasta en lo mas rigoroso del verano. La dis-
ancia de Motril á la cima de dichas montañas, donde existen siem-
pre las espresadas nieves perpétuas, será como de unas seis leguas;

por consiguiente, en esta corta distancia norte-sur se pueden cultivar en España todas las producciones singulares que se crian espontáneamente desde el ecuador hasta los círculos polares, que ya por lo general se hallan tambien cubiertos de nieve perpétuamente, y por lo mismo escluyen toda vejetacion.

48 Lo restante del territorio Español se compone de una serie alternativa de valles y montañas, que, aunque no se elevan tanto como dicha Sierra nevada, pues que solo conservan la nieve unos seis ú ocho meses del año, sin embargo contribuyen muy eficazmente para que, en una corta estension de terreno, se puedan cultivar plantas indígenas de paises muy distantes. Yo he observado, al pasar de Sevilla á Córdoba, en un monte, el caso mas singular y sorprendente que se puede concebir, á saber; hallar puntos en una misma latitud, á una misma altura sobre el nivel del mar, y distantes entre sí ménos de cien varas, en los cuales podian vejetar espontáneamente plantas indígenas de paises que distasen entre sí muchas leguas en direccion norte-sur, y terreno horizontal. En efecto, aquel monte, por la parte que mira al mediodia, disfruta del aire caliente del mar y del Africa, y por la parte que mira al norte, ya el aire tiene una temperatura fria, en tales términos, que hace una impresion sensible en nuestros órganos. Y como la cresta del monte forma sinuosidades, tuve la curiosidad de observar puntos situados en un mismo paralelo, y á una misma altura sobre el nivel del mar, y muy poco distantes entre sí, en que sentía en un paraje calor, y en otro un frio desagradable. Esto se comprueba tambien observando lo que se verifica en Aranjuez, que, por su situacion Topográfica, se conservan allí aclimatadas muchas plantas exóticas que no podrían existir en parajes mas al mediodia, y á ménos altura sobre el nivel del mar.

49 Toda esta variedad de climas, de temperamento, &c., en España, en vez de ser un defecto, se debe considerar como lo que contribuye á su mayor riqueza, segun establece muy oportunamente el célebre Agrónomo *don Antonio Sandalio de Arias*, en la décimaquinta de sus lecciones de Agricultura. Este Sabio y benemérito Profesor divide con mucho acierto el territorio de España en *provincias húmedas*, *provincias frescas*, *provincias secas*, *provincias cálidas y provincias ardientes*. Yo he recorrido gran parte de las que llama *provincias húmedas*, y cuyos caractéres esenciales podrán verse en su apreciabilísima obra; pero he observado en ellas que ciertas plantas, para no perecer en las estaciones calurosas, es necesario regarlas: en todas las demas, nadie duda que haciendo de regadío las

tierras de secano se aumentaría considerable y prodigiosamente la produccion *; y tanto mas, cuanto mayor sea el grado de calor en

* Para que no se nos tache de exagerados, insertarémos íntegramente aquí el discurso que pronunció el recomendabilísimo Profesor Arias en la apertura del curso correspondiente al año de 1830 que, copiado á la letra, dice asi:

"Señores: — 1 La Agricultura es sin contradiccion el mas sólido fundamento de la pública felicidad y de la riqueza y poderío de los Estados. De ella dependen absolutamente el comercio, las artes y la poblacion; y por lo mismo se observa que cuanto mas florece aquella y cuanto mas se dilata la esfera de su prosperidad, tanto mas adelantan estas, tanto mas feliz es la Nacion, y tanto mayores son tambien sus recursos.

2 »Por esto es que, considerando á la Agricultura con relacion á las ventajas que proporciona al género humano, no ha podido ménos de mirarse en todos tiempos como el manantial inagotable de la prosperidad pública. Ella acude con cuanto es preciso para el alimento y demas necesidades de todos los vivientes, y ofrece á las artes los innumerables productos que emplean para dar ocupacion á millones de brazos, de máquinas é instrumentos, destinados á la industria manufacturera, sin dejar por eso de suministrar al comercio muchos artículos que, trasportados á todas partes segun el pedido y las necesidades de los Pueblos, reportan á la nacion que los produce, las mayores y mas considerables ventajas.

3 »Si consideramos sus buenos efectos en el órden político y nos contraemos á nuestra España, hallarémos que los labradores componen y deben componer la parte mas numerosa y robusta de la poblacion: si atendemos al órden físico, no podemos dejar de conocer que la Agricultura constituye una ciencia, cuyos conocimientos difícilmente pueden alcanzarse; siendo tambien un arte tanto mas complicado cuanto son infinitos los pormenores á que desciende; y por fin, si la miramos por la parte moral, presenta siempre un atractivo tan poderoso que conduce á los hombres, como por encanto, hácia tan inocente ocupacion. Por esta causa, se advierte que el arte de cultivar la tierra, para hacerla producir cuantos frutos pueden sacarse de ella, así como lo correspondiente al cuidado y multiplicacion de los animales domésticos, útiles al hombre, ha llegado en otras Naciones á un grado de perfeccion verdaderamente admirable; y aunque no se haya quedado estacionario en España, es preciso confesar que no les igualamos en lo adelantado de la ciencia, porque nos faltan muchos de los medios de que aquellos han sabido rodearse para adelantar á su gusto.

4 »Esta falta de medios, unida á otras mil y mil causas, de que han hablado con tanto acierto los Moncadas, Osorios, Navarretes, Saavedras, Jovellanos, Campomanes y otros muchos Españoles celosos y amantes de su Patria, exigen como de justicia el que nos ocupemos en recordar de tiempo en tiempo sus acertadas idéas, y que tratemos tambien de manifestar á su vez las prácticas y conocimientos adquiridos en estos últimos tiempos, para adelantar nuestra Agricultura y aumentar de un modo positivo la riqueza general del Estado, y la particular de los individuos que le componen; procurando se cambie el aspecto horrible que ofrecen los terrenos eriales é incultos, no tanto por carecer de brazos y capitales, cuanto por la falta de riego que los fertilice, dejando pasar las aguas, de los mas caudalosos rios hasta el mar, sin haber pagado el tributo que debieran ni aun á los mismos terrenos que esterilizan con sus debordaciones.

5 »La espantosa aridez y esterilidad que se nota en la mayor y mas preciosa parte del Reino; la ninguna seguridad que por falta de lluvias oportunas, tienen los labradores de recoger cosechas que premien sus fa-

...ra que no se
riaciones y mejoras que pudieran hacerse, y
tos del dia, adoptando y naturalizando en nuest
ciones exóticas y dando el lugar que correspond
plantas que aumentarían estraordinariamente lo
nuestro suelo.

6 «Los Escritores políticos mas juiciosos, así
ros, convienen en que la época mas feliz de nues
tiempo en que empezó á dominarla el Señor Dor
y baratura de sus esquisitos y variados productos
su gran marina, su comercio activo y casi esclusiv
que gozaba; las vastas posesiones en las América
y plata, con otras innumerables ventajas que la o
las inocentes costumbres de los fieles y leales Es
característicos, con que nos dan á conocer aquell
cuales puede formarse la justa idéa de la ventura
cion durante aquel tiempo memorable. Entónces
nuestros cultivadores, los escelentes modelos de
dejaron los Arabes en su Agricultura nabatéa; y
abandonados hoy á la esterilidad, les rendían los
diante el riego que los fertilizaba. Las ventajas q
los terrenos regables de Granada, Murcia y Val
pruebas de la verdad que queda sentada, así como
pétuos acusadores de nuestro descuido por no hab
los moros en esta parte, y haber dejado de empre
tancia otras muchas obras de igual naturaleza, las
do la faz de nuestra Agricultura, y aumentado de
heredades, no ménos que la cantidad de las produ

7 «Desgraciadamente se descuidaron en esto m
vidaron tambien en mucha parte las buenas práctic
yeron demasiado las subsistencias y con ellas la p
le cerca de dos siglos se agolparon sobre la Agricu
es una porcion de males, que si bien

uestra Agricultura; y si á esto se reune la circunstancia de que los medios que se empléen para este importante objeto, *sirvan al mis-*

---

la vida, procurando á toda costa reparar los males causados en casi dos siglos, llenaron de admiracion á los hombres mas sabios y meditabundos de los tiempos modernos.

«¿Y cómo podían dejar de admirarse aquellos esclarecidos Españoles, que en pocos años vieron cambiar totalmente el aspecto horrible de su Nacion, tornándose en actividad la desidia, y en celo puro el abandono en que yacía? La aplicacion y laboriosidad que el Pueblo Español empezó á desplegar por el año 1700, y que ha continuado con aumentos hasta nuestros dias, á pesar de mil acontecimientos contrarios, reconoce su orígen en el fácil acceso y en la aplicacion provechosa que tuvieron entre nosotros las luces de una sana ilustracion, que, penetrando por todas partes, disiparon las tinieblas y arrojaron léjos de este suelo la preocupacion y las desgracias que nos dejaron por herencia nuestros abuelos.

9 «Todos conocen que la feracidad de este suelo, favorecido por el hermoso clima que nos concedió la Providencia es una mina tan abundante de riqueza que jamas puede verse agotada, y para cuyo beneficio no se necesitan grandes empeños. La sábia prevision con que el amor de nuestro Soberano (que Dios guarde) hácia sus amados vasallos ha removido muchos de los estorbos que se oponían á los adelantamientos del cultivo, estension del comercio y progreso de las artes, ha esparcido mil bienes y va cogiendo el fruto de sus providencias acertadas. Y si bien es verdad que una porcion de acontecimientos desastrosos y circunstancias poco favorables han contribuido para que la Agricultura no haya logrado todo el lleno de ventajas que es preciso disfrute para prosperar mas y mas cada vez, tomando el vuelo magestuoso que debiera tomar para aparecer en el mundo con toda la estension y brillo de su grandeza, por carecer de uno de los principales beneficios, no por eso ha dejado S. M. de pensar mas de una vez en ello, esto es, en dar la mayor estension posible á los riegos, ya sea aprovechando las aguas de los rios y arroyos mas ó ménos caudalosos, ya recogiéndolas en pantanos de modo que no puedan temerse daños, ya en fin buscándolas en el centro de la tierra para derramarlas despues sobre la superficie, cuya aridez y sequedad nos priva de las mas esquisitas y necesarias producciones.

10 «Casi tres siglos han pasado en que sin cesar se habla de la necesidad de dar el riego conveniente á muchos y feracísimos terrenos de nuestra España, y otros tantos han trascurrido sin haber sacado el fruto que pudiera y debiera sacarse del copioso caudal de nuestros rios y de los innumerables proyectos que, presentados en diversas épocas al Gobierno, han quedado sin efecto, ó sepultados en el olvido, gloriándose el genio del mal de haber frustrado las mas buenas disposiciones de los Soberanos, y entorpecido la continuacion de las grandiosas obras comenzadas con este objeto.

11 «Con gusto me detendría yo ahora en poner de manifiesto las miserables pasiones y los fines siniestros que fueron las causas principales para oponer obstáculos, introducir la desconfianza y paralizar unas empresas de tan conocido provecho, pues para demostrarlo completamente no me faltarían datos positivos sin mas que registrar la historia de los pocos anales que hay comenzados y ojear algunas páginas de varios escritos no muy antiguos en los cuales se descubren la intriga, el sórdido interes y la maldad que ha jugado las mas veces en este negocio: estos escritos y las obras mismas acompañadas de los proyectos útiles y de los hombres arruinados, me sacarían del apuro, y acaso con poca satisfaccion de algunos, si me empeñase en demostrarlo. Tambien me ocuparía en indicar los medios

mo tiempo, sin aumentar considerablemente los gastos, para establecer la navegacion interior, producir abundante y esquisita pesca,

---

que á mi parecer, pudieran emplearse para aprovechar las aguas, y á beneficio de caces y canales puramente de riego, lograr el inapreciable bien que estos producen; pero no siendo del caso entrar en la demostracion de lo primero, y muy difícil resolver lo segundo, me limitaré á *indicar las ventajas que resultarían necesariamente á la Agricultura y al Estado, si tuviésemos la dicha de ver realizados los altos y gloriosos designios de S. M. y de sus sabios Ministros, sobre tan interesante punto.*

12 »Bien conozco, Señores, que solo el aspirar á la demostracion de un punto tan importante y delicado toca en los límites de la temeridad, despues de haber hablado sobre lo mismo, aunque no como agrónomos, sinó bajo otro aspecto, los hombres mas sabios que ha tenido la Nacion. Mas como en la resolucion que me he formado para presentar en este dia mis idéas sobre un objeto de tanta gravedad y trascendencia, tiene mas parte el buen deséo y la obligacion que me impone mi destino, que la confianza del acierto, considero que no deben arredrarme los temores y el desaliento que necesariamente ha de producir en mí la consideracion de los conatos frustrados en tantos otros designios como el mio, presentados y publicados en tiempos diversos por varios escritores eminentes.

13 »El dulce nombre de Patria (decia un Sabio y yo lo repito con sus palabras) que conserva en España, para quien sabe cuanto la debe, toda la fuerza maravillosa que se dió á su significado en Atenas y en Roma; los caros y preciosos nombres de Estado y causa pública, la tierna é inestimable bondad paternal de un Soberano que se desvela incesantemente por la felicidad de sus vasallos; el celo en fin, de los dignos depositarios de su confianza suprema, son otros tantos poderosos motivos que bastan por sí solos á infundir en mi espíritu, ya demasiado debilitado por la edad y los padecimientos, el vigor necesario para abrazar el difícil problema que me he propuesto resolver en este breve rato, y demostrar del modo mas claro posible las innumerables ventajas que resultarían si se lograse regar los estensísimos terrenos baldíos y demas que pueden regarse en nuestra península.

14 »Sin agua no hay vegetacion. Este fluido elástico que tiene la propiedad de pegarse á la superficie de los cuerpos que toca, penetrar el mayor número y combinarse con ellos, diluirlos ó disolverlos, es tambien el agente mas universal de cuantos concurren á la produccion de los séres que existen en la naturaleza. Los vegetales deben al agua su desarrollo, su acrecentamiento y su vida, y los minerales no llegarían jamas á formarse si el agua no disolviese, acarrease y reuniese todos aquellos principios que los constituyen. La sangre de los animales, la sávia de los vegetales no es, por decirlo así, mas que una agua cargada de otros principios que mantiene en disolucion. Vehículo de todos los ácidos, de todos los gases, de todas las sales y de todas las tierras, es de una importancia universal y ofrece los mas grandes servicios de cualquier modo que se la considere.

15 »El agua no solamente comunica á los animales y á las plantas el movimiento vital, sinó que no hay especie alguna de aquellos y estas que no comience su existencia en un estado líquido, y por lo mismo se comprueba que nada se obra en los cuerpos vivientes que no sea por medio del agua. Los humores, cualesquiera que sean, no recibirían la fluidez necesaria, si el agua no conservase en disolucion las materias que contienen. En fin, la nutricion y la generacion de los séres organizados, estas funciones tan importantes en la economía viviente, no pueden ejecutarse sinó con la intervencion de los líquidos: por eso vemos que tanto los animales como

y el que el agua restante sirva de motor á las máquinas en los establecimientos de industria, tendrémos reunidas todas las ven-

los vegetales, se multiplican y propagan extraordinariamente en aquellos parages en donde el agua fertiliza y riega mas la tierra. Considérense sinó esos terrenos áridos de la Arabia; vuélvanse los ojos á las horrorosas soledades del Africa, ambas regiones enteramente privadas del agua, y verémos que no presentan otra cosa que un mar inmenso de arena donde nada vive, nada vegeta: la tierra del todo desnuda por su estremada aridez no ofrece el menor vestigio de animales, ni plantas; solo se encuentra una arena movediza que estravia al viagero para que perezca de sed.

16 »Mas ¿para qué me canso en referir las propiedades del agua en comprobacion de su absoluta necesidad para la formacion, acrecentamiento y conservacion de todos los séres? No hay persona que deje de conocer las ventajas que ofrecen los riegos para beneficio de las tierras, y lo que aumentan la produccion en aquellas á las cuales alcanza este beneficio; y todos saben ya que la humedad y el calor son dos de los mas poderosos agentes de la vegetacion. Bajo estos principios ¿cómo podrá dudarse de las utilidades que reportaría la Agricultura y el Estado, facilitando los medios, y allanando los obstáculos que se han opuesto ó puedan oponerse al aprovechamiento de las aguas de los rios, arroyos, manantiales y demas que por diferentes procedimientos puedan adquirirse para estender su benéfico influjo sobre los inmensos terrenos de nuestra Península que, ó no producen cosa alguna ó producen infinitamente ménos de lo que debieran producir? Con razon decía el Padre Buriel en su carta á don Carlos Simon Pontero, escrita en 1755. "Vocea estas utilidades la naturaleza, cuyo Soberano autor »cruzó de rios y arroyos, y pobló de fuentes y manantiales la super»ficie de la tierra, para que los hombres con su industria hagan ser»vir sus dones á las necesidades de la vida; y esto mismo clama la »esperiencia en todos los Pueblos y Naciones del mundo. Sería menes»ter un grueso tomo, para juntar lo que sobre esto nos ofrecen los »tiempos pasados y presentes. Desde los Egipcios, que no contentos »con la navegacion y riego de su rio Nilo, abrieron enormes fosos y »canales para juntar el comercio del mar rojo y del mediterráneo, mas »de mil años ántes de Nuestro Señor Jesucristo, hasta nuestros tiem»pos, no ha habido Nacion alguna de mediana Policía, que no haga »de los rios el mismo uso, y que no haya formado canales para »la navegacion y para el riego. Esto ha sido ántes, y esto vemos hoy »en todos los reinos de Europa. La China no es ménos abundante en »canales costosísimos que los Paises Bajos. Los Incas del Perú, los Meji»canos y los Indios de 600 leguas al Norte de Méjico tenian canales grandes »para el riego de sus tierras, cuyos restos duran aun sin uso alguno."

17 »Con efecto, la Historia nos pone de manifiesto muchos canales de navegacion y riego, y nos trasmite la noticia de los muchos acueductos y reservatorios ó depósitos que los antiguos Soberanos de Egipto, de Grecia, y de la India, habian hecho construir, con grandes expensas, para llevar el agua á las ciudades mas populosas, y para regar los terrenos mas fértiles. Los Romanos aprendieron de los Griegos y Egipcios, cuanto fué necesario para introducir en Italia el sistema de riegos que tantos prodigios hacia en aquellas industriosas naciones, mirando este beneficio como uno de los mas útiles troféos de sus victorias. La Historia Romana está llena de descripciones de los canales y acueductos que en este pueblo conquistador edificó sobre su propio suelo,

tajas que se pueden apetecer. Tal es el objeto que me propongo en la presente obra. La empresa es árdua; pero como á la par de las dificultades que puede presentar su ejecucion, son asombrosamente

---

en las Galias y en España. Los buenos Españoles, que escitados por el amor á su pátria, escribieron sobre las causas de la decadencia en que se halló la España al fin del reinado de Felipe III pasando en pocos años del sumo poder y riqueza á la suma pobreza y abatimiento, manifestaron como uno de los medios mas precisos para remediar el mal, la formacion de canales de navegacion y riego, y no dejaron de presentar sus pensamientos sobre la distribucion de las mismas aguas para que fertilizasen la mayor estension de terreno posible. Entre aquellos sabios y celosos patricios, descolló mucho sobre este punto don Sancho de Moncada, el cual en el discurso 7.º de su Restauracion Política de España, trata con el mayor interes de que se saquen acequias de todos los rios, y para ello reproduce las idéas antiguas corroborándolas con las suyas propias sobre tan interesante objeto.

»¡Y como pudieran dejar de hablar así unos Sabios tan eminentes, cuando ellos conocían, como nosotros conocemos, que, en cualquier pais del mundo, el riego no solo es el principal agente de que puede valerse el cultivador para fertilizar la tierra, y hacerla producir abundantemente, sinó que dando lugar á trabajos y operaciones repetidas es el manantial mas inagotable de la prosperidad pública!

18 »¿No es al riego bien dirigido á lo que deben su fertilidad y esa vejetacion asombrosa las ricas alquerías de Flandes, y la opulencia que disfrutan sus habitantes? En aquel pais fertilizado por el riego, ni el terreno ni los habitantes reposan; casi todo él entre-cortado de regueras y la tierra laboreada como conviene, les rinde cinco cosechas en el periodo de dos años. Lo mismo sucede en Holanda, cuyo terreno cruzado por una multitud de canales, diques y fosos, y no obstante hallarse situado en un clima septentrional goza siempre de una eterna verdura, y de una produccion siempre renaciente. En nuestra España pueden citarse tambien con elogio varios distritos de las provincias de Granada, Murcia, Valencia, Aragon, Cataluña, Navarra, Rioja y Castilla la Nueva, en las cuales admiramos la fertilidad y la abundancia que presentan, al paso que en todo lo demas del Reino hasta se ignora el uso económico del agua en regadíos.

»Y á la verdad, ¿á quién no asombrará el aumento de riqueza y prosperidad que lograría la España, si por alguna de las muchas medidas que puede tomar el Gobierno, y en cuyo pensamiento no deja de trabajar incesantemente, se derramase el beneficio del riego, no solo sobre los terrenos que hoy se cultivan, aunque con poco suceso en muchos de los años, como lo testifican los contornos de Madrid, ese Real Sitio del Buen Retiro, este Jardin Botánico que perece, y se aniquila por falta de agua, sinó tambien sobre los inmensos baldíos y eriales que nada producen actualmente; y en los cuales se pudieran entónces establecer los cultivos mas lucrativos y de toda especie, como son arbolados, los prados artificiales y otros de que tanto necesitamos? *Quien hallase el modo de remediar tanta esterilidad, proporcionando el regadío de los terrenos, sería digno de los mayores elogios, y acreedor á las mayores recompensas.*

19 »Si es un axioma recibido ya como tal en Inglaterra, que donde hay agua (no dicen ni mucha ni poca, sinó estrictamente donde hay agua), se puede establecer la navegacion, mucho mejor puede decirse

estraordinarias las ventajas que ha de producir en España un trabajo de esta naturaleza, y por otra parte á mí nada me arredra cuando se trata de promover la felicidad de los beneméritos Espa-

---

que donde hay agua puede establecerse el riego, fundando en él un cultivo esmerado y de resultados positivos.

20 »Para conocer bien la suma utilidad de los riegos, y por este conocimiento decidirse á emprender las obras necesarias, sin arredrarse por los gastos anticipados que pueden causarse, debe saberse que en el reino de Valencia las tierras de riego valen quince y veinte veces mas que las de secano, aunque estas estén regularmente arboladas.

»Ni se crea que es una exageracion el decir que las tierras aumentan quince ó veinte veces su valor por el riego, pues este aumento está seguramente en la menor proporcion que puede darse, con respecto á la que guarda en alguna otra de nuestras Provincias. El celoso é infatigable agrónomo don Ramon de Zubia, que tantas pruebas tiene dadas de amor á su pátria, y á quien no puedo ménos de citar con elogio por el interes puro y eficaz con que deséa ver á nuestra España rica y opulenta, en un plan que remitió al Gobierno desde París en 1815, y que despues manifestó al Excmo. Sr. don Martin de Garay, siendo Secretario del despacho universal de Hacienda, en cuyo plan trataba su autor de los medios que creyó oportunos para mejorar la riqueza y lograr la prosperidad de España por medio del riego, asegura que por un apéo, últimamente hecho en el reino de Murcia, aparece que la fanega de tierra de secano vale 300 reales vellon, y la que se halla en los huertos de regadío 48D.

21 »Por este dato se ve que las tierras aumentan 160 veces su valor por el riego en aquella provincia, y así no es estraño que yo diga con el mismo Zubia, que todo calculo, toda comparacion, que se haga del valor de dichas dos tierras traspasa los límites racionales.

22 »Y siendo tan fácil establecer generalmente el riego mediante lo mucho que se ha adelantado en los medios de sacar las aguas de los rios, arroyos y demas sitios en que se encuentran, conduciéndolas con grande economía y aprovechamiento de las mismas sobre los terrenos que deben fecundizar, ya haciendo uso de las máquinas mas sencillas ó mas análogas al proyecto y localidades, ya construyendo obras no muy costosas, pero mas arregladas y seguras que nunca, y ya en fin taladrando la tierra por medio de la sonda ó barrena del fontanero sondeador, para formar las fuentes ascendentes, es un dolor que no se hable todos los dias en las Cátedras, en las tertulias, en los cafés, en los paseos y en todas partes sobre este punto; que no se recomienden semejantes empresas, y que no se ejecute lo necesario para lograr las ventajas que nos ofrece el sistema general de riegos. Es cierto que no puede hacerse todo de una vez; pero tambien es cierto que lo que no se principia no puede acabarse, ni conseguirse lo que no se emprende.

23 »Para demostrar mas claramente las ventajas que dejo anunciadas; para poner en movimiento las idéas que están amortiguadas en este punto; para escitar la noble emulacion de los Sabios; y por último, para que los que tienen algunas sumas en metálico que apenas encuentran donde emplearlas de modo que no las pierdan y les reporten un interes justo puedan hacer un servicio á la pátria, y á sí mismos, voy á manifestar lo que yo entiendo relativamente al aumento de riqueza que el Gobierno y los particulares lograrían con establecer un sistema general de riegos para fertilizar los campos, y aprovechar los terrenos

ñoles, no he omitido diligencia alguna que pueda contribuir á tan importante objeto: bien persuadido de que, en lo que yo no acierte á

---

baldíos á que por depronto pueda alcanzar este beneficio; y para ello tomaré los datos en grande.

24 »Si admitimos (como parece podemos admitir) que el territorio peninsular de nuestra España alcance á doscientos diez y seis millones de fanegas de tierra, tomando por término medio la fanega de 100 estadales de á 10 pies, ó lo que es lo mismo de 40D pies cuadrados de superficie, pues las hay desde 20D hasta 86D400, tanto que causa la mayor confusion el desórden que en este punto se esperimenta, y que solo 51 millones de las mismas sean las que en el dia se cultivan, dirémos que quedan aun 165 millones por cultivar. Rebajemos de estos 165 millones de fanegas las dos terceras partes, si se quiere, por razon de lo que ocupan las montañas, los rios, lagos, caminos, poblaciones, montes, &c. que á buen seguro no es tanto, y tendrémos que nos quedan 55 millones de fanegas de tierra en un estado erial ó yermas, que nada producen. Estos 55 millones de fanegas de tierra erial ó baldía, unidas á los 51 millones, que están en cultivo, componen la suma de 106 millones. Supongamos que de ellas los 6 millones (que no los hay, porque entónces seríamos mas ricos), son ya de riego en el dia, todavía nos quedan 100 millones de fanegas de tierra que poder beneficiar con el riego, y lograr por su medio el aumento considerable que deben tener en sí mismas, y en los productos que deben rendir, como lo vamos á demostrar.

25 »Hemos dicho poco ántes que una tierra cualquiera de secano aumenta su valor por el riego sobre 15 ó 20 veces á lo ménos, y aun se ha visto que las hay tambien que le aumentan 160 veces como son las de los huertos del reino de Murcia. Supuestos estos datos, es indudable que si por un término general consideramos á todas las tierras de secano comprendidas en los 100 millones de fanegas, un valor de 200 reales fanega, el valor total de ellas será 20D millones de reales.

26 »Dado ya á dichas tierras el beneficio del riego, la fanega que ántes valia 200, no puede despues justipreciarse en ménos de 2D reales, y en este caso las que ántes valian 20D millones, ahora mediante el riego, valen 200D millones.

27 »Graduemos que para dar el beneficio del riego á los terrenos secanos, y tomando la empresa en grande, como la tomamos para tener dato fijo, haya que gastar 25D millones de reales, los cuales unidos á los 20D que representaban las tierras en su estado primitivo, forman una suma de 45D millones de reales, que rebajados de los 200D millones que valen las mismas tierras despues que tengan el riego, queda todavía un aumento de riqueza territorial de 155D millones de reales: suma que equivale á un 344 $\frac{4}{9}$ por ciento de beneficio. Rebájese si se quiere alguna parte, que ciertamente no hay por qué; siempre vendrémos á parar que la riqueza pública ó del Estado, y la particular del individuo habrá crecido en mas de un 300 por ciento.

28 »A la par de este aumento caminarán tambien los productos, y con ellos la poblacion, hasta llegar á los 30 millones de habitantes que puede cómodamente mantener nuestro suelo. Y si bien los colonos y los meros cultivadores no pueden contar para sí con iguales aumentos porque á medida que duplican ó triplican las cosechas en los terrenos de regadío, y aseguran por este medio el fruto de sus sudores, lo cual hace tambien que se les imponga mayor cánon ó renta por la heredad, tienen que duplicar ó triplicar los trabajos, los cuidados, los abonos,

desenvolver debidamente, otras personas, no mas celosas por el bien del Estado, pues en esto nadie me puede ganar, pero sí de mas pro-

---

semillas y demas gastos necesarios para el cultivo. Por manera, que el Estado y los propietarios son los que verdaderamente reciben por entero el aumento de riqueza que se demuestra, y así son los que mas deben interesarse en que se realice de un modo ó de otro, tan importante proyecto. Los gastos que se puedan ocasionar para establecer el sistema general de riegos que proponemos y deseamos, no deben cargarse sobre los colonos imponiéndoles un rediezmo ú otra gabela equivalente, porque en tal caso pagarían estos toda la obra, y los propietarios, que son los verdaderamente beneficiados, porque aumentan el valor de sus fincas, quedarían enteramente libres, con la mas notoria injusticia: auméntese al cultivador proporcional y moderadamente la renta, llevando en consideracion el cupo que repartieron á la finca por razon del gasto causado para darla el riego, en comunidad con otras muchas; pero mírese que este aumento es perpétuo, y el desembolso mas ó ménos crecido se hizo una sola vez. Al Gobierno toca moderar los impulsos de injusta codicia que en tales casos pudieran presentar los propietarios, y hacer así aborrecibles los riegos, como sucede en el dia con los mas de los que hay en algunos puntos.

29 Para hallar capitales, para que no falten empresarios que tomen á su cargo las obras, sean de la naturaleza que fueren, destinaría yo el aumento que deben tener las rentas decimales, ó bien la mitad de estos mismos aumentos, quedándose el Gobierno con la otra mitad para sus urgencias hasta tanto que los empresarios se hubiesen reintegrado de su capital y réditos justos, segun las condiciones de las contratas respectivas, y segun el Gobierno determinase. La seguridad de esta renta ofrece desde luego la hipoteca mas apreciable que puede presentarse á los licitadores, ya sean compañías, corporaciones ó individuos particulares, y bajo semejantes garantías es bien cierto que no faltarían capitales y actividad que convirtiese prontamente el reino en un ameno jardin.

30 Hay cosas que parecen imposibles á primera vista, pero que examinándolas con la debida atencion, madurez é imparcialidad, y despejando la incógnita con los debidos conocimientos para ello, se encuentran despues mucho mas fáciles de lo que se imaginaba: el pensamiento que acabo de proponer, es precisamente de esta naturaleza.

31 Si solo se atiende á los inmensos gastos hechos ántes de ahora para dar riego á una pequeñísima porcion de tierra, comparada con la enormidad de 100 millones de fanegas que abraza nuestro cálculo, y se observa que casi todos aquellos se han malogrado ó no han producido las ventajas que de ellos se proponían, seguramente se graduarán de inútiles mis indicaciones, y mas si se crée que toda el agua de nuestros rios, arroyos y manantiales no alcanza para fertilizar una vigésima parte de los terrenos propuestos. A uno y otro respondería yo diciendo: que el malogro de muchos proyectos de esta clase en nuestra España, y el no prosperar los pocos que en el dia subsisten, ha dependido y depende aun de la falta de los conocimientos indispensables para establecerlos y dirigirlos; de la falta de equidad con que gravitan esclusivamente sobre los miserables, que riegan antes la tierra con su sudor y sus lágrimas que con el agua; de la falta de probidad y buena fe con que algunos se han hecho, y de no haber sabido hallar los medios de evitar tantos males, y conseguir los buenos resultados que se apetecían.

32 El caudal de aguas necesario para dar riego á una inmensidad de

fundos conocimientos, ó mas afortunadas, podrán perfeccionar lo que yo deje incompleto; y si por este medio se consigue mejorar la suerte

---

terreno, no falta ni puede faltar en la Península; solo se necesita saber buscarlas, dirigirlas y aprovecharlas con arreglo á los muchos adelantamientos que se han hecho en el dia, tanto en la Geología como en la Geognosia, y cuyos conocimientos poséen muy bien los Españoles aplicados al estudio metódico de la Mineralogia. El ilustrado don Cristobal Bordiú, alumno de los mas sobresalientes que se han formado bajo la sabia direccion de mi digno compañero y amigo Don Donato García en su Cátedra de dicha ciencia en el párrafo segundo de la advertencia que puso á su traduccion de la obra de Garnier, sobre los pozos artesianos ó fuentes ascendentes, dice con tanta valentía como verdad. "Fácil es conocer que si hay algun pais en Europa donde estas »fuentes ofrecen ventajas incalculables, es precisamente en España. Un »clima dulce y benigno favorece en ella la vejetacion de innumerables »plantas; pero la escasez de lluvias burla de contínuo las esperanzas del »labrador, el cual en muchos parages, aunque tiene el agua bajo sus »pies, no puede hacer uso de norias para riegos artificiales, ya por el »coste que ocasionan la manutencion y conservacion de los animales des»tinados únicamente á este objeto, ya porque la profundidad á que se »halla el agua hace impracticable el establecimiento de esta útil y sen»cilla máquina."

33 »Siendo esto cierto, como efectivamente lo es, no carece tampoco de la misma certidumbre el que pueden y deben regarse los inmensos terrenos, que hoy no fructifican sinó á medias, ó nada por falta de este vehículo; y supuesto que los arbitrios propuestos son mas que suficientes para proporcionar los caudales ó fondos necesarios para el logro de tan grande empresa, no hay mas que resolverse y dar los primeros pasos para acometerla, bien seguros de que los felices resultados serán el premio del talento con que se establezca y de la constancia con que se siga.

34 »El prodigioso aumento, que dado el riego á las tierras y extinguida para siempre su aridez, deben tener los diezmos y derechos decimales, será de tanta cuantía que faltarán guarismos para espresar su suma; mas para formar alguna idéa, aunque imperfecta, de tan importante beneficio, bastará saber que el diezmo de la Baronía de Sollana, cuyos terrenos fecunda hoy el agua de la Real acequia de Alcira, mediante los desembolsos hechos por los Excmos. Sres. Duques de Hijar, ántes de llegar allí el agua, valía anualmente 3500 libras, y otras 3500 el tercio diezmo y primicia, cuyo total componía la suma de 7D libras al año; y despues que aquellos mismos terrazgos se beneficiaron con el riego ascendió á 13D y mas libras el diezmo y otro tanto la primicia y el tercio; de modo que pasan de 26D libras ó pesos la renta anual que por solo el riego ha percibido y está percibiendo en el dia la casa de S. E. La villa encomienda de Silla, cuyo diezmo, tercio y primicia valía unos 3500 pesos, ántes de llegar á ella el agua, vale en el dia sobre 8D pesos en arriendo, y los derechos dominicales que ascendían entónces á 3700 han subido, aunque tambien por arriendo, hasta 13D pesos por el riego.

35 »No me parece sea necesario aglomerar mas pruebas, ni esponer mas razones para persuadir á un auditorio tan ilustrado lo interesantísimo que es y debe ser siempre para el bien del Estado el emprender á todo trance la grande obra de dar riego al mayor número posible de fanegas de tierra. El objeto se recomienda por sí mismo, y la posibilidad de lograr el bien que se apetece está demostrada. Esto no obstante, acaso no faltará quien diga que he aventurado mucho con emitir mis pensamientos y mi

[illegible] de la densidad, peso, &c. de
ble don Juan Lopez de Peñalver en la
insertado en el tomo 4.° de su escelent
Leonardo Euler á una Princesa
pondré conocido lo que espongo acerca
de su composicion, &c. tanto en el tomo
do Elemental de Matemáticas que con
mi *Compendio de Matemáticas y Comp*

51 Entre los apuntes que yo tenía
de esta obra, se comprendían los importa

---

en cultivo beneficiados por el riego. Gozad
grande, la mas sublime, mas digna y mas ca
das de vuestro ánimo excelso. Riéguense nu
cúmulo de riquezas que la naturaleza conced
giones venturosas de vuestro imperio, serán
dor vuestra corona y exaltarán hasta lo sumo

41 »Grandes y pequeños propietarios! h
das están las fuentes de la prosperidad públic
y bebed hasta saciar vuestros deséos en la in
tros caudales, por medios sumamente útiles
del agradecimiento de las presentes y futura
tres políticos! iluminad con vuestras luces y
tro parecer, sobre el importante proyecto
á vuestras observaciones en el ramo mas pri
ticular y la del Estado en general. Esta va si
y así ninguna nacion es poderosa, si no se ma
una numerosa poblacion, la cual es siempre
de subsistir adquiridos por la Agricultura, A
alentad vuestra confianza y depositadl

sobre los pozos *artesianos* ó *fuentes ascendentes*, así como los escritos que Mr. *Hericart* de *Thury* ha leido en el Instituto, en la Sociedad de Agricultura y en la Sociedad de fomento de París. Mas como á mi arribo á Madrid, he hallado traducida toda esta doctrina, y con ciertas ventajas sobre los originales, por don *Cristobal Bordiú*, omitiré gustoso cuanto sobre la materia ya publicada tenia trabajado, y me limitaré á añadir solo aquello que falta en mi concepto para completar esta teoría, y que sirva de regla segura en la práctica.

52 Para proceder con el órden conveniente, dividiré cuanto corresponda tratar en esta obra en los diez libros siguientes.

1.° Calcular el valor del agua que hoy no tiene uso ni aplicacion en España, ya para atender á las necesidades de la Agricultura, ya para que sirva de motor en las máquinas de los establecimientos industriales, ya para que produzca esquisita y abundante pesca, y ya para que sirva al trasporte de los géneros por medio de la navegacion interior.

2.° Resúmen histórico de los conocimientos hidráulicos hasta nuestros dias, indicando las obras mas sobresalientes sobre esta materia.

3.° Recapitulacion de cuantas fórmulas y reglas puedan conducir á que personas de medianos conocimientos hagan aplicacion á los procedimientos hidráulicos, para satisfacer las necesidades administrativas y económicas de los pueblos, y las de la Agricultura, Artes y demas géneros de industria, haciendo numerosas é importantes aplicaciones á la resolucion de las principales cuestiones que pueden ocurrir en la práctica.

4.° Sucinta enumeracion de los inconvenientes que presentan en el dia las obras hidráulicas, y nuevo método escogitado por mí, para este género de construcciones, fundado en la misma naturaleza, mas sencillo, fácil, económico y permanente que todo lo establecido hasta ahora.

5.° Cualidades mecánicas del agua; fuerza motriz que dicho líquido proporciona; y consideraciones acerca del mejor modo de emplear esta fuerza como potencia ó motor en los establecimientos de industria. Recapitulacion de los conocimientos y principios de Mecánica mas indispensables para el establecimiento de las máquinas, y que no se hallan en los libros elementales; teoría de la resistencia y choque de los fluidos; y exámen comparativo del efecto útil que producen las diferentes ruedas hidráulicas. Resolucion de diferentes cuestiones industriales, determinando la cantidad de agua que se requiere, como potencia motriz, para efectuar el trabajo de los principales

as Artes, Fábricas, &c., &c.: y modo de aplicarla, co
para elaborar los mas importantes ramos de producci
pais, como son moler el trigo, hacer el vino, fabricar e
anufacturar la seda y lana.

plicacion de cuatro métodos diferentes, que yo tengo es
preferibles á cualesquiera otros medios, para elevar el agu
que convenga, ya para satisfacer las necesidades urge
pueblos, ya las de la Agricultura, proporcionando agu
nos altos, y suministrándola tambien á los establecimie
ales que carecen de ella en diversas localidades.

icaciones generales sobre los medios de encontrar agua
la tierra, y complemento de la teoría y práctica de l
anos ó fuentes ascendentes, con la designacion matem
parajes donde se pueden establecer con ventajas; pu
ber tenido en consideracion un elemento científico, i
en esta materia, se presentan como dudosos é inci
ltados.

luencia del agua en la vejetacion, y modo de purifica
la para que produzca las debidas ventajas en los u
y en los de las Artes ó Agricultura á que se destine.

n general de navegacion interior de España, auxiliado
ntos, para mayor utilidad y conveniencia pública, de
ruccion de caminos de fierro, que publicaré por separa

LIBRO PRIMERO.

luacion de la cantidad á que puede ascender el importe del agua que, sin uso ni aplicacion á las necesidades de la vida, corre actualmente por el territorio español, ya se considere para atender á las necesidades de la Agricultura, ya para que sirva de motor en las máquinas de los establecimientos industriales, ya para que produzca esquisita y abundante pesca, y ya para que coopere al trasporte de los comestibles, géneros y mercancías por la navegacion interior.

Siendo tan notables las necesidades que sufre la España, y pudiéndose poner en duda lo muy acreedores que sus beneméritos ántes se han hecho en todos tiempos, para que se les proporcionado género do alivios, me parece que faltaría á todos los deberes sagrados, si no indicase las inmensas riquezas de que se puede ner á su favor; y los medios de ejecucion para conseguir tan rtante objeto, sin perjuicio de nadie y ántes por el contrario con jas conocidas, no solo de todas las clases del Estado, sinó tamde los mismos estranjeros: pues todos los habitantes del Globo en y deséan los esquisitos frutos del territorio español para sar sus necesidades, atender á sus conveniencias, y surtir de ias primeras á sus fábricas.

El objeto del presente libro es *calcular el valor de las aguas rren por el territorio español de la Península sin producir u utilidad, y ántes p[illegible] causando perjuicios con* [illegible]; y le dividi[illegible] tulos. En el 1.° conside- [illegible] que [illegible] producciones agrícolas [illegible] el valor q[illegible] las como potencias [illegible] los establec[illegible] 3.° harémos ver

e pueden proporcionar en abundante y esquisita pesca; erminarémos la utilidad que pueden rendir empleadas en n interior para el trasporte de las mercancías; y en el nos el total resultado, manifestando que el empléo en objetos, no impide el de los otros, sinó que, al contra- s que se hagan para conseguir ventajas bajo uno de es- vista, sirven al mismo tiempo para conseguirlas en los íbamos añadir otro capítulo en que diésemos á conocer e este aumento de riquezas puede originar en la pobla- como estas consecuencias se deducen naturalmente, no de hacer ninguna reflexion sobre este particular.

CAPÍTULO PRIMERO.

umento de produccion que recibiría la Agricultura, es- el regadio en la mayor parte del territorio español.

l sistema que me propongo establecer en este Tratado o á proporcionar el regadío á la mayor parte del terri- y con muy pocos gastos, sinó que se estienden mis de- el punto de cambiar en gran parte el clima de España del aspecto estéril que presenta por lo general, hacer

dio. Ya hemos insertado literalmente (nota del §. 49 de la Intr.) el discurso que pronunció en 8 de enero de este mismo año de 1830, por deberse considerar como la base y fundamento de nuestros cálculos. En dicho escrito, se prueba la necesidad de proporcionar agua para regar los terrenos de España, del modo mas convincente y exacto; y como por otra parte, el dictámen de tan distinguido Profesor en esta materia, es del mayor peso, esto nos escusa de ocuparnos sobre este particular; por lo que nos dedicarémos esclusivamente á manifestar en esta obra los medios de proporcionar el regadío, limitándonos en este libro á desenvolver algun tanto los principios de cálculo que en dicho discurso se establecen, sin mas diferencia que la de referirnos á la fanega del marco real, que se compone de 576 estadales de á 12 pies de lado, por ser en el dia la única que es legal, y de referirnos tambien al Censo de la riqueza territorial é industrial de España del año de 1799 publicado en 1803; pues aunque estamos convencidos de que es inexacto bajo diferentes puntos de vista, no obstante, ínterin no haya otro, debe servir de término de comparacion.

5 La superficie del territorio español de la Península, segun el espresado censo asciende á 148858½ leguas cuadradas de á 20000 pies de largo cada legua longitudinal; luego, si multiplicamos este número por 400000000 de pies cuadrados, que tiene una de dichas leguas, tendrémos 59943400000000 *, que serán los pies cuadrados que hay en toda la espresada estension superficial del ter-

* Cuando hay que escribir números muy grandes, en las obras que no versan esclusivamente sobre las Matemáticas, se suelen separar los guarismos de tres en tres, ó bien con una coma ó con un punto; pero esto puede inducir á errores ó equivocaciones de consideracion; porque segun se advierte (65 Ar. de N.) un punto entre dos números indica que los espresados números se han de multiplicar el uno por el otro; y una coma entre guarismos indica (163 Ar. de N.) que el número que está á la izquierda representa enteros y el que está á la derecha espresa decimales. En las oficinas se suele usar del signo D á que llaman *Calderon*, para separar los millares, lo cual no puede inducir á error ni á equivocacion ninguna; y antes por el contrario, cuando se imprimen estados, en que se ha de llenar despues con números los huecos, se pone impreso el calderon, y este sirve de norma para que los guarismos de los números se puedan colocar fácilmente en columna vertical. Nosotros, en esta obra, para [illegible] cuando el número sea muy grande, usarémos de un [illegible] separar las centenas de los millares; de un calde- [illegible] los millones; de dos de estos calderones grandes [illegible] de tres para los trillones, y así sucesivamente. [illegible] ero del texto se lee: *cinco billones novecientos* [illegible] *cientos millones*.

... ... una solamente la cu
17091328894 fanegas: resultan todavia 53
bajemos las dos terceras partes, por razon
montañas, los rios, lagos, caminos, poblaci
mente no es tanto, segun asegura nuestro inf
sor ya citado; y nos quedan 17091328894 f
o erial, de que no se saca ningun provecho. E
negas, unidas a las otras 17091328894 faneg
to se cultivan, componen 35082728 fane

Supongamos que sean ya de regadio
vienen a ser aproximadamente las que efectiva
el dictamen de dicho Profesor, y nos quedara
es, *treinta y cuatro millones de fanegas de*
que poder beneficiar por el regadio, y agregar po
to considerable que deben tener en su valor im
dichos que pueden rendir, como vamos a dem

8 Consideremos a todas las tierras de seca
los 34 millones de fanegas, un valor de 4
ga del marco real, segun el compute pru
mencionado Arias (§ 15 de su discurso *
1320 [illegible] esto es, *treinta mil millones*

* Dicho Profesor supone el valor de 20 reales
una como de cuenta media la [illegible]
la del marco

Dándose á las tierras el beneficio del riego, su valor se de-
oner por término medio, pero quedándonos muy cortos, lo mé-
iez veces mayor; luego deberá valer cada fanega de las del
real 4000 reales; y en este caso, los 34 millones de fane-
que ántes valían *trece mil seiscientos millones de reales*, ahó-
drán 136000000000000; esto es, *ciento treinta y seis mil*
es de reales.

Veamos ahora si hay suficiente cantidad de agua para regar
encionados 34 millones de fanegas del espresado marco real.
nosotros no existe un competente número de observaciones pa-
lucir, con la debida exactitud, cual es la cantidad media de
de lluvia que cae en el territorio español. Se cree que en las
cias del mediodia, llueve ménos que en las centrales; y que en
l norte de España, como son Asturias, Galicia, Santander y
cias Vascongadas, llueve considerablemente mas que en las
ediodia y del centro. Sin embargo, atendiendo á la ley de la
leza, de que en general *la cantidad anual de lluvia es ma-*
proporcion que los paises están mas próximos al ecuador,
se puede ver en la tabla de la pág. 395 del 4.° tomo de las
s de Euler á una Princesa de Alemania, traducidas con no-
adiciones por el *Señor Don Juan Lopez de Peñalver*, me
que no es exacta la consecuencia de que *por ser mas cáli-*
secas las provincias del mediodia de España que las del
, y estas mas que las del norte, cae mas cantidad de llu-
año en estas. Lo que sí se verifica, es *que llueve mas dias del*
n las provincias del norte de España que en las del centro,
estas mas que en las del mediodia; pero llueve una cantidad
cada vez. Y si se hicieran las correspondientes observaciones,
do se hallaría que, de las pocas veces que llueve en las pro-
s del centro y mediodia, cae mayor cantidad de agua en todo
, que en el mayor número de veces que llueve en las pro-
s del norte.

A pesar de la escasez de datos, que tenemos en España so-
interesante materia, por las noticias que yo pude recoger
do escribí mi *Compendio de Mecánica Práctica*, llegué á de-
r en el §. 210 de dicha obrita, *que la cantidad de agua de*
e que cae durante un año sobre el territorio español de la Pe-
, se puede establecer como término medio, en una columna
ue de 30 pulgadas ó 2,5 pies españoles de altura *. Luego, si

* La comprobacion de lo que llevamos indicado, de llover mas en los

licamos los 5ƀƀ943ƀ400ƀ000ƀ000 de pies cuadrados, q
uperficie el territorio español, por 2,5 pies, que es la alt
nna de agua que, por término medio, se puede reputar q
a superficie, tendrémos que la cantidad de agua de lluv
año en España, se puede reputar en 14ƀƀ858ƀ500ƀ000
cúbicos españoles.

La cantidad de agua de lluvia, que cae en un terren
se distribuye en cuatro partes: una de ellas penetra
de la tierra, y vuelve á salir despues á su superficie
los manantiales que alimentan los arroyos y los rios.
l de agua es la que sirve para satisfacer las necesidad
blos, y la mas útil á la Industria y Agricultura; por l
mayor importancia el tratar de aumentarla: sobre lo cu
os los medios en el (libro 10) de esta obra. Otra
orre inmediatamente por la superficie del terreno, ali
entes, acrecienta los rios, y produce las inundaciones y
epentinas. Se puede conseguir en varios casos que estas
perjudiciales, y en otros muchos, como manifestarémos
acerlas útiles á la Agricultura y á la Industria.
a parte se consume por la vegetacion; pues la sávia
s y los jugos de sus frutos no vienen á ser mas que
de otros principios que lleva disueltos; y se debe pro
ntos medios sean imaginables aumentarla todo lo posil

la leccion 8.ª del tomo 3.º de su curso de Geometría y Meca-
a de las Artes y Oficios) * determinar con precision, en qué ra-
se ejecuta esta division de las aguas en las mencionadas cua-
partes. Sin embargo, en virtud de algunos cálculos que yo he
cho, juzgo que, respecto de la Francia, no se puede estimar en
nos de un tercio, la cantidad de aguas pluviales, que no estan-
absorvidas por la vegetacion, ni disipada por la evaporacion,
ga al mar." Y en virtud de las observaciones y datos que yo he
lido recoger, me parece que, como en España la evaporacion es
yor que en Francia, por causa del mayor calor, se puede repu-
que de toda la cantidad de agua de lluvia que cae sobre el ter-
rio español de la Península, la cantidad que irá al mar, será
o *las tres décimas partes* de la cantidad total de agua de llu-
que cae sobre dicho territorio; por lo que supondrémos que solo
mboca en el mar, y es disponible en favor de la Agricultura é In-
tria, 4000457000550000000 pies cúbicos durante todo el año.

14 Ahora bien, por el sistema, que yo trato de establecer, se
den y deben regar las $\frac{2}{5}$ partes de todo el territorio español; de-
do una quinta parte que supondrémos ocupan las montañas,
, &c.; que se deberá destinar para arbolados de construccion, &c.
bien dirigidos, hay bastante; y la otra quinta parte se podrá
inar á pastos, lo que tambien es mas que suficiente para los ga-
os existentes; y si nuestros Ganaderos adoptasen el verdadero mo-
de sacar partido de las lanas, mejorándolas para no quedarnos
ás respecto de las de Sajonia, y otras partes de Europa, sobre
o punto manifestaré (seccion 5.ª del cap. 3.º lib. 5.º) las obser-
ciones que tengo hechas, y las noticias que he recolectado, les
ultará grandísimo provecho, se conciliarán sus intereses y los de
Agricultura, con ventajas conocidas del Estado, y todavía sobrará
cho de este terreno.

15 Las $\frac{2}{5}$ partes del territorio español son 42099323 fane-
de tierra; mas para no separarnos ni un ápice de lo que dice el
cionado Profesor, y huir de que se tache de exagerada nues-
valuacion, supondrémos que solo pueden recibir el cultivo las
08272788 fanegas del espresado marco real, de que hemos ha-

---

licado en Español el primer tomo de esta apreciable
Don Juan Lopez de Peñalver y Torre, hijo del ilustre
tas de Euler, que tantas veces hemos citado, y que
nte el cargo de Director del Conservatorio de Artes

blado (§. 6); y nos propondrémos examinar cuantas veces se podrá regar esta cantidad de terreno con los 4ꝏ457ꝏ550ꝏ000ꝏ000 de pies cúbicos de agua. Por mi Memoria sobre la nivelacion del Jarama, Lozoya y Guadalix, pág. 496 del mercurio de octubre de 1824, resulta que, para regar convenientemente un terreno por una vez, se necesita una columna de agua de una base igual á la superficie que se ha de regar, y la altura de 0,2545 de pie; de donde inferimos que para regar una fanega de tierra del marco real por una vez se necesitan 21109 pies cúbicos de agua; y para regar una vez las 35ꝏ827ꝏ788 fanegas de tierra se necesitarán 756ꝏ288ꝏ776ꝏ892 pies cúbicos de agua; de donde resulta que con la cantidad de agua que acabamos de ver, existe disponible en favor de la Agricultura, *hay suficiente para regar mas de cinco veces y media* toda la cantidad de tierra que se ha calculado poder ser susceptible de ello.

16 Ahora bien, el trigo forma el principal cultivo en España; y para asegurar su cosecha, basta regar estos sembrados dos veces al año; luego si suponemos que las dos terceras partes (23ꝏ885ꝏ192 fanegas) de dicho terreno se siembren de trigo, á razon de dos riegos, consumirán 1ꝏ008ꝏ385ꝏ035ꝏ856 pies cúbicos de agua, quedando todavía disponibles 3ꝏ449ꝏ164ꝏ964ꝏ144 pies cúbicos.

17 Si la tercera parte del terreno restante, que asciende á 11ꝏ942ꝏ596 fanegas, la consideramos dividida en tres partes iguales, y que se destinen dos de ellas, que ascienden á 7ꝏ961ꝏ731 fanegas, para olivares, viñas, moreras, avellanos y casi todos los árboles frutales, y no en pequeña parte los prados artificiales, en lo que se necesitará regar unas cuatro veces al año, se consumirán 672ꝏ256ꝏ718ꝏ716 pies cúbicos, y quedarán todavía disponibles 2ꝏ776ꝏ908ꝏ245ꝏ428 pies cúbicos de agua.

18 Si las dos terceras partes del terreno restante, que son 2ꝏ653ꝏ910 fanegas, las destinamos para todos los árboles frutales sin escepcion, y para los mismos prados artificiales en su totalidad, en lo que basta regar unas doce veces al año, se emplearán en regar estas doce veces las 2ꝏ653ꝏ910 fanegas, á que ascienden dichas dos terceras partes, una cantidad de agua espresada por 672ꝏ256ꝏ634ꝏ280 p.s c.s y aun quedarán 2ꝏ104ꝏ651ꝏ611ꝏ148 pies cúbicos disponibles para las 1ꝏ326ꝏ955 fanegas restantes; y como para regar una vez cada fanega, se gastan 21109 pies cúbicos de agua, para regar estas 1ꝏ326ꝏ955 fanegas se gastarán 28ꝏ010ꝏ693ꝏ095 pies cúbicos; y si dividimos por este número los 2ꝏ104ꝏ651ꝏ611ꝏ148 pies cúbicos de agua, que aun resul-

ar, que de las 17ↀ913ↀ894 fanegas que hemos supues-
, se reputan ya de regadío las 1ↀ827ↀ788; luego en
se pueden considerar como tierras labrantías de secano
6 fanegas.

otros hemos supuesto con el Señor Arias, calculando por
ue el valor de las tierras de regadío era solo diez veces
de las de secano; y suponiendo que la produccion guar-
razon, esto es, que una fanega de regadío produzca
iez de secano, lo que no es demasiado, esta hipótesis nos
determinar aproximadamente cuanto produce la fanega
cuanto la de regadío, por los datos del censo espresado
o, debemos observar que las 1ↀ827ↀ788 fanegas de
lucirán en dicho supuesto tanto como 18ↀ277ↀ880 fa-
ano, las cuales unidas á las 16ↀ086ↀ106, que se su-
efectivamente de secano, nos resultan 34ↀ363ↀ986 fa-
ano; esto quiere decir que, en vez de considerar que la
otal contenida en el censo, resulte de las 17ↀ913ↀ894
ue entran 1ↀ827ↀ788 fanegas de regadío y 16ↀ086ↀ106
secano, podrémos suponer que dicha produccion d
ↀ246 reales proviene de 34ↀ363ↀ986 fanegas de
pero de secano; y en este caso dividiendo el valor de l
otal por este número de fanegas, resulta para el produ
anega de secano 143 reales próximamente; y debien
cto de la fanega de regadío diez veces mayor que la

a una producirá solo 1430 reales, se obtendrá un aumento anual riqueza de 25ʊ616ʊ868ʊ420 reales vellon.

24 Las 16ʊ086ʊ106 fanegas, que hoy se labran de secano, al pecto de 143 reales producen una riqueza de 2ʊ300ʊ313ʊ158 les; pero haciéndolas de regadío, producirán lo ménos diez veces s, á saber: 23ʊ003ʊ131ʊ580 reales; luego por hacer de rega- estas 16ʊ086ʊ106 fanegas, resulta un aumento anual de pro- ccion de 20ʊ702ʊ818ʊ422 reales vellon.

25 Sumando esta partida con la del (§. 23), se obtienen ʊ319ʊ686ʊ842 reales para el aumento de riqueza anual que ede resultar de emplear en beneficio de la Agricultura las aguas e no tienen aplicacion hoy en España; y repartiendo esta suma re todo el número de Españoles, que segun el censo de la pobla- n correspondiente al año de 1797, comprendiendo tambien los bitantes de Africa y de las Islas adyacentes, es 10ʊ541ʊ221, responde á cada Español un aumento de riqueza anual de 4ʊ394 les que, al 3 por 100, equivale á lo mismo que si cada Español, nprendiendo tambien los de Africa é Islas adyacentes, pudiese dis- ner de un capital de 146ʊ466 reales vellon; y suponiendo que r todo género de contribuciones reales, se pague por este aumento l el 3 por 100, resultan á favor del Real Erario 13ʊ389ʊ590ʊ605 les vellon de aumento de renta anual, que es mucho mas del do- e de lo que importa en el dia el presupuesto de todas las cargas del tado.

El aumento de diezmos, que resultaría para la Iglesia, estaría presado por 4ʊ631ʊ968ʊ684 reales vellon.

26 Yo me abstengo de hacer ninguna reflexion acerca de mani- tar el grado de prosperidad á que llegaría nuestro pais, y lo fe- es que podrían ser sus beneméritos habitantes, si se realizase en estros dias aunque no fuera sinó una muy pequeña parte de lo e proponemos en esta obra. Pero en lo que no puedo ménos de in- tir, aunque en esta parte me adquiera la tacha de molesto, es en que r ningun título se debe reputar que hay exageracion en estos re- ltados; pues cuando se establezca en España convenientemente el ltivo de prados, se echará de ver con cuan sólido fundamento eguro, del modo mas positivo, que mis cálculos, en vez de supo- rse escesivos, pecan de diminutos bajo todos los aspectos que edan considerarse.

CAPÍTULO II.

de las aguas que corren por el territorio español, leasen como potencia motriz en los establecimient industriales.

El *Baron Carlos Dupin* en la leccion 8.ª del tomo o de *Geometría y Mecánica de las Artes y Oficios y Artes* ya citado (13), calcula el valor de la fuerza den suministrar las aguas naturales de Francia; y la g *rabajo que podrían producir ochocientos millones de n robustos*, y dice que de esta fuerza solo se empléa como motor hidráulico $\frac{1}{800}$ de ella, ó la parte equivale on de hombres.

El objeto del presente capítulo es hacer un cálculo sem á España; con cuyo motivo, recordarémos que la canti e cae durante un año sobre la superficie del territorio espa nsula está graduada (11) en 14000858000000000 bicos; y que por las razones espuestas (13), sol ponibles en beneficio de la Agricultura y de la Ind 7000550000000000 pies cúbicos.

Hemos visto en el capítulo precedente, lo que el agu

u territorio, cual es el de la Mancha, en todo lo demas, no se ca-
a un solo dia, sin que se advierta una variacion extraordinaria en
orizonte sensible, por las montañas que uno encuentra siempre en
edor de sí. Esto, en sentir de algunos, es un defecto, ó un incon-
iente para promover los diversos objetos en que consiste la pública
sperídad; y se debe considerar como tal efectivamente, si queremos
ablecer en nuestro pais dichos objetos por los mismos procedimien-
que se hallan practicados en los demas parages del Globo; pues
e nuestro territorio está en contradiccion con los principios cientí-
os que se han establecido para localidades diferentes, y acaso en-
ramente opuestas. Pero si nosotros combinamos los principios cien-
ficos, de modo que se acomoden á nuestras localidades, que es lo
e yo me propongo hacer en esta obra, entónces es infinitamente
as ventajosa nuestra posicion *Geológico-Topográfica*.

32 La agitacion casi continua en que se ha encontrado la Es-
ña desde el descubrimiento del *Cálculo Infinitesimal*, que es el que
s ha contribuido á que se allanen la mayor parte de las dificulta-
que ofrecian las Ciencias y sus aplicaciones á las Artes y á to-
género de industria, no nos ha dejado el tiempo necesario para
ditar con la debida tranquilidad sobre tan interesante materia; y
hemos visto en la precision de adoptar lo que en otras naciones
producido buen efecto, y que por estar en contradiccion con nues-
localidades ha sido desventajoso en España.

33 Antes de pasar mas adelante, no puedo ménos de hacer una
ervacion, para que de esto no se saque alguna consecuencia poco
tajosa al decoro, gloria y honor de la España, y al talento, é
enio particular y estraordinario de las Españoles. Y es, que todo cuan-
sobre este asunto sucede en España, se ha verificado y se ve-
ca en casi todas las demas naciones, por ilustradas que se las quie-
suponer. En comprobacion de esta verdad, oigamos lo que dice
. *Heron de Villefose* en su obra intitulada *Riqueza mineral*. En
tomo 1.° pág. 395 dice, hablando de la Francia: "Ningun pais
de lisonjearse de circunstancias mas favorables á su riqueza mi-
al..... Cuando en épocas ya remotas, el Gobierno ha querido desar-
ar en Francia la industria de las minas y de los establecimien-
, para beneficiarlas, por ordenanzas calcadas sobre las que asegu-
el suceso de este género de industria en la mayor parte de los
s paises, la aplicacion de estas ordenanzas intentada con poco
rnimiento, algunas veces exagerada, y bien pronto abandonada
interes personal, ha acabado por ocasionar los males que tenía

que deberá refluir esclusivamente en Es
pur haber adoptado teorias análogas, r
circunstancias de hallarse en las guerras
en que los Calculos Diferencial é Integra
la ciencia de la naturaleza, no tuvo la
dedicarse a promover los adelantamiento
hidos y profundos conocimientos teóricos
de adoptar las practicas establecidas vent
se, sin el correspondiente examen; y com
circunstancias son diversas, no han prod
un principio se concilienen.

[illegible] En otros paises, resulta mas faci
ventajoso hacer un canal de navegacion a
ve navegable el mismo rio. En España
se mas facil, [illegible]
se ve, y es remarcable, que es hacer
[illegible] en algunas localidades particulares,
respecto al proyecto de navegacion desde
hido con tanta tino y acierto por el Sr.
cuadro Don Juan Agustin de Larramendi
manifiesta una plana de Ingenier de Caminos y

[illegible] La razon es la siguiente: como si
[illegible] y Holanda es una llana [illegible]
[illegible] es obra de [illegible]
[illegible]

37 Pero cuando en dichos paises un rio no tiene la suficiente ntidad de agua para la navegacion, es mas costoso el canalizarle, o es, el hacerle navegable artificialmente, que el hacer un canal eral. La razon es que habiendo poca pendiente, y siendo terreno no, si se quieren sostener las aguas por medio de diques, presas, cualesquiera otras obras hidráulicas, no se podrá conseguir sin uno estos graves inconvenientes, ó inundar una gran parte del pais marcano, inutilizándole para los usos de la Agricultura, ó elevar s márgenes del rio: lo cual, ademas del gasto que debe ocasionar, ce que se inutilice tambien una gran parte de terreno, tanto mayor anto haciendo todo rio muchos recodos, es muy considerable la esesada cantidad de terreno que sería necesario inutilizar.

38 Y como los canales, en pais llano, se pueden dirigir en línea ta, que es el camino mas corto, al parage que convenga, resulta e, en dichos paises trae mas ventajas, por lo general el hacer un nal lateral, junto á un rio para los efectos de la navegacion, que intentar hacer navegable el mismo rio, egecutando las obras connientes para su canalizacion.

39 En España sucede todo lo contrario. Nuestros rios van siemre por grandes profundidades; de manera, que aunque se hagan esas, diques, &c., para contener las aguas, y rebalsarlas, á fin que tengan la suficiente altura para que los barcos puedan transir, y que se conserven á nivel, no hay riesgo, por lo general de que s aguas inunden los terrenos inmediatos, pues que estos se hallan si siempre mucho mas elevados de lo que se necesita levantar las guas; luego aquí se consigue el tener un trozo de navegacion, sin as gasto que el de una presa, y en construyendo esta con su corspondiente *esclusa* para pasar de un trozo á otro los barcos, se nsigue la navegacion de un modo muy económico, y se detienen s aguas á mayor altura; con lo cual se pueden emplear para el redío, fomentando la Agricultura, servirán de motor en las máquis y podrán producir abundante y saludable pesca, sin mas gasto e el de la presa; y como por mi nueva construccion de obras hiáulicas, que manifestamos en el libro cuarto de esta obra, el har una presa es sumamente fácil y económico, y es casi eterna su racion, sin que se teman los riesgos de los estragos cuando se inilicen, resulta muy sencillo y ventajoso el canalizar nuestros rios.

40 Por el contrario, si queremos abrir canales laterales á nuess rios, se presentan dificultades inmensas é insuperables, cuyo rto carece de exageracion. Si nuestros rios fuesen encajonados en

d de los valles, cuyas faldas ó laderas que descienden
formasen planos continuados en la misma direccion del
o se separasen mucho de esta posicion, entónces un ca-
podría establecer con ventajas, que es el caso en qu
nal proyectado entre Córdoba y Sevilla por el benemé
Larramendi, del cual hemos hablado (§. 35).

disposicion no es general en el curso de nuestros rios
de su mismo orígen ó nacimiento, van siempre por pro
ue hay en montañas elevadas, caminan siempre con ma
uosidad por su parte profunda; y las faldas de las mon
as en cuya profundidad va el rio, léjos de formar pla
, por donde se pueda construir un canal en una direc
erente de la recta, se presentan dichas faldas interrum
ras montañas mas pequeñas, que vienen á formar un
tribos ó contrafuertes. De aquí resulta que para condu-
es indispensable, ó hacer que siga todas las tortuosida-
laderas de los estribos, en cuyo caso para cada legua
ese de canal en línea recta, se necesitarían abrir por
o, lo ménos tres leguas efectivas; ó sería preciso tala-
tas pequeñas montañas, lo cual haría que en cada legua
uviese que hacer por término medio, lo ménos una ter-
mina en las mismas montañas, taladrándolas. Ambos
de tal manera costosos, que por grandes que se supon-

uniendo estas líneas de comunicacion acuática, con la de caminos de fierro de mi invencion en los parages convenientes, se puede establecer un sistema de comunicacion interior de toda la España, tan sencillo, pronto, fácil y económico, que con ménos de lo que se ha gastado en los canales de Castilla y de Aragon, se podrá establecer en nuestros dias la línea de comunicacion interior de la Península en los términos que manifestarémos en el libro noveno.

42 Volvamos ahora á nuestro cálculo del valor que pueden tener las aguas del territorio español de la Península, consideradas como potencia motriz en los establecimientos industriales.

Hemos visto en la introduccion, que en general llueve mas, y cae mas relente, rocío y nieve en la parte alta de las montañas, que en sus faldas y que en los valles; pero ahora conviene que nos estendamos todavía algun tanto, contrayéndonos á nuestro territorio. Con este motivo recordaré que el calor del sol evapora el agua de los mares, rios, arroyos, &c., &c. Estos vapores, y los que resultan de la traspiracion de las plantas, se elevan á la parte superior de la atmósfera, y quedan suspendidos en ella, hasta que por el frio de las regiones elevadas se condensa y caen en gotas, ó rocío, ó en las otras formas de que hablamos en la Meteorología (2.° tomo de C.). La lluvia tambien resulta cuando las nubes, conducidas por las oscilaciones ó corrientes atmosféricas, encuentran una montaña que las obliga á comprimirse, y abandonan entónces el agua de un modo análogo al que lo hacen las esponjas. Y como las montañas de la Península son tantas, á poca distancia que las nubes sean trasportadas, por precision han de estrellarse con alguna de ellas que, en virtud de las causas indicadas, obligue á las nubes á esprimir su agua. Lo cual confirma que es mayor la cantidad de agua que se deposita en nuestras montañas en forma de rocío, lluvia, granizo, nieve, &c. segun la estacion, que lo que en la misma forma cae en nuestros valles.

43 De aquí resulta, que si en el cúspide de nuestras montañas hay llanuras ó profundidades, sin derrames por los lados, se forman en su parte superior grandes depósitos de agua, de los que ya hemos citado algunos en la Introduccion. De estos depósitos se va filtrando por los intersticios, grietas, hendeduras y oquedades de la tierra; y á cierta distancia mas ó ménos grande, salen en forma de manantiales, y despues se dirigen por la parte mas baja formando los arroyos, los rios, &c.

44 Si en la parte mas alta de las montañas no hay parages á

propósito para que se estanquen las aguas, estas corren en parte por su superficie hácia los parages profundos; y una cierta porcion se introduce en lo interior de la tierra, se filtra por sus hendeduras y oquedades, y da lugar á los mismos manantiales, de que hemos hablado en la Introduccion. Ademas, la elevacion de nuestras montañas es tal, que en unas se conserva la nieve en todo tiempo del año, como sucede en la *Sierra nevada de Granada*; en otras, se halla ocho meses solo, y lo ménos cinco ó seis en la mayor parte, como sucede en Somosierra, Guadarrama, Sierra Morena, &c. En ellas es por lo general el frio tan grande, que el aire atmosférico se halla casi siempre á una temperatura inferior á cero; y como el grado medio del calor terrestre (§. 582 y siguientes II. C.) varía con la latitud de los lugares, y en Madrid es 12 grados del termómetro de *Reaumur*, ó 15 del *centígrado*, resulta que el cúspide de la mayor parte de nuestras montañas, aunque no se puede suponer tanto grado de calor como tiene la tierra en los valles inmediatos, sin embargo como las montañas están adheridas á la tierra, y el calor posée una cierta tendencia al equilibrio, su cúspide siempre conserva un grado de calor mayor que la atmósfera en dicha parte mas elevada. Esto da orígen á dos fenómenos opuestos y simultáneos, á saber; que al mismo tiempo que la temperatura de la atmósfera en la parte mas alta de nuestras montañas es bastante baja para congelar y convertir en nieve ó hielo el agua que existe en las nubes en forma de vapor, y que por consiguiente se está formando sin cesar, al ménos en el invierno, una capa de nieve en la parte que está en contacto con el aire atmosférico, la otra parte de la misma capa de nieve, que se halla contigua al terreno de la montaña, se está derritiendo contínuamente por el calor terrestre. Entónces el agua que resulta por la fusion lenta y contínua de la capa de nieve que está en contacto con la montaña, se va introduciendo por los poros, intersticios, grietas ú oquedades de la tierra, se filtra en su interior, y sale despues por las faldas de la misma montaña, á distancias mas ó ménos considerables, dando orígen á los manantiales, de que ántes hemos hablado á unas alturas muy estraordinarias. Entre estos manantiales los hay de tal naturaleza, que unos son perennes, otros disminuyen sus aguas en el verano, y los hay tambien que en el estío quedan secos enteramente.

45 Esto proviene de la forma, dimensiones y capacidad que tengan los conductos por donde pasan estas aguas filtradas, los depósitos subterráneos con que estén en comunicacion, y distancia á

alle la salida respecto del parage por donde se introducen las
ı la tierra. Pero resulta constantemente, que el orígen ó na-
ı de nuestros rios, siempre se halla en las faldas de las al-
ıtañas.

Siendo de la mayor importancia para el objeto de esta obra
:imiento de las alturas de la Península, vamos á insertar las
que he podido recolectar en la siguiente

* *que contiene las alturas sobre el nivel del mar de varios*
:os del territorio español, espresadas en pies españoles.

ıOMBRES DE LAS ALTURAS.	N.º de pies españoles sobre el nivel del mar.	Observadores.
Cagiga-Hermosa (Montañas de San-r)	2097	
lel Turia	3159	
lel Eresma (debajo del alcázar de ia)	3321	
el Guadalquivir (en la barca de Men-)	609	
:te	2565	
a Real	3069	
le Henares	2104	
	2541	
y Sacedon	2095	
	3813	Antillon.
diel (Altura de) en el camino de Ma-ı Andalucía	2640	
ez	1862	Humboldt.
: (Pico)	3078	Mechain.
	4860	Humboldt.
n (Pico), Pirineos	10553	Ramond.
'ico) ó Cenia-Larra, id.	8955	Dernierguerre.
vel (Monte en las Provincias Vascon-ı)	1944	Id.
obre Izalzu (id), division de límites	3345	
obre Errazu (id.), id. id.	4674	
nm sobre Maya (id.), id. id.	3345	
ɔre Equí (id.), id. id.	3217	
el Visar sobre Roncesvalles, id. id.	5373	
(Guadalajara)	4170	Antillon.
a (Castilla)	4455	Id.
Monte), en Vizcaya	1371	Ferrer.
ɜte (el Campamento de), Pirineos, di-		

ıta tabla se ha formado por los datos que ofrece la obra intitulada *Elementos grafía Física* aplicados al arte de la guerra por el Brigadier dou Juan Sanchez ı (hoy Teniente General) y la de *Elementos de la Geografía de España y* ıl por don Isidoro Antillon; y en virtud de otras noticias que yo tenía reunidas.

Sigue la tabla.

límites.	3336	
. . . . .	3147	Ferrer y Bauzá.
prian (Montañas de Santander).	4428	Peñalver.
ey (id).	9504	Id.
rineos).	10092	Antillon.
. . . . .	12342	Cisneros.
. . . . .	846	
Mulhassem ó *Muley-hasen* (sier-		
a de Granada) es el punto mas		
Península.	12762	Rojas Clemente.
María (Reino de Granada). . . .	6871	
Portilla.	4559	
. . . . .	2022	Betancourt.
), Pirineos.	11961	Vidal y Reboul.
Puerto de), Pirineos.	8052	Ramond.
(Monte), en Cataluña.	2772	Mechain.
onte).	3099	Id.
	3114	Cisneros.
e).	5085	Mechain.
. . . . .	2307	Betancourt.
sobre el Vidasoa), division de		
. . . . .	2043	
gon).	3235	Antillon.
venta de), en Castilla.	4683	Id.
Murtas (Reino de Granada). .	5310	Id.
yales (lo mas alto del)	4985	
Palmas (Valencia).	2574	Mechain.
. . . . .	2580	Cisneros.
. . . . .	2610	Antillon.
rovincias Vascongadas).	456	
eal sitio del)	3852	

Sigue la tabla.

le los Chorros.	4372	
(San).	4164	Antillon.
. . . . .	4149	Cisneros.
. . . . .	3948	Laborde *.
. . . . .	4151	Thalacker.
n) ermita cerca de Altafulla en a.	330	Mechain.
(Monte) division de límites. . . .	1953	
Venta de), en Castilla.	4056	Ferrer y Bauzá.
ıma (El Leon de), id.	5610	
. . . . .	5094	Antillon.
ierra), Andalucía.	6732	Rojas Clemente.
. . . . .	6861	Antillon.
pico de), Montañas de Santander.	11667	Ramond.
Montaña), Valencia.	3330	Mechain.
ı (Montañas de Santander).	1188	Peñalver.
. . . . .	3531	Ferrer y Bauzá.
. . . . .	2643	Antillon.
. . . . .	2442	Ferrer y Bauzá.
del palacio del Retiro de).	2394	Vallejo.
ı de la puerta de la casa del porue hay en el parage en que se secamino que desde Madrid va á rral, del que va á Chamartin se	2592	Id.
ı de la puerta del parador de Fuen.	2595	Id.
n de la casa de don Ramon Perdien Alcovendas.	2404	Id.
mas alta de la calle por donde pasa o real de S. Sebastian de los Reyes.	2394	Id.
ı real de Francia en el parage en corta la vereda que de Fuente el va á la barca de Alcovendas. . . .	2150	Id.
n de la puerta de la venta de Peestá.	2158	Id.
de las aguas en la confluencia del lix con el Jarama.	2135	Id.
ı de la puerta de la casa de Oficios nde de Cabarrus cerca del Jarama.	2403	Id.
a ó fondo del canal del Conde de us, por la parte inferior del puenhay en el parage en que le cruza ino que de la casa de Oficios va á Laguna.	2411	Id.
de las aguas del Jarama en el puenı de Uceda.	2398	Id.
le las aguas en la confluencia de los ozoya y Jarama.	2451	Id.
de las aguas del Lozoya en la mis-		

Laborde dice en su Atlas del Itinerario descriptivo de España, hablando vacion. «De manera que entre todos los Monarcas de Europa, solo el de nde gloriarse de tener un Palacio en la region de las nubes."

... del salto del Hervider
... casa de D. Pedro Ballesteros en el pu
blo de Guadalix. . . . . .
El puerto de Miraflores, esto es, el parag
mas alto del camino que de Miraflores v
al Paular. . . . . .
El patio del convento del Paular. . . . . .
La presa que hay en el molino que se halla
en el arroyo Agüeros mas arriba del
puente de S. Vicente. . . . . .
Mengibar . . . . . .
Monte perdido (Pirineos). . . . . .
Muela ' de Ares (Valencia). . . . . .
Id. id id. . . . . .
Id. del Norte (Valencia). . . . . .
Masia de Lloret (id.). . . . . .
Manzanares (Mancha). . . . . .
Matas (Pico de) En la montaña de Monte
Alegre en Murcia. . . . . .
Monserrat (Castillo de) Valencia. . . . . .
Morella (Puig de las montañas de Garrof). .
Muncia ó Mola Sima (montaña en Cataluña).
Masia de Cucalo (Valencia). . . . . .
Mont-Agut (Cataluña). . . . . .
María (Sierra de) Andalucía. . . . . .
Mongo (Monte) Valencia. . . . . .
Molina de Aragon. . . . . .
Mina del Collado de la Plata. . . . . .
Molino de S. Pedro junto á Guadiela. . . . .
Mondragon (en Guipúzcoa). . . . . .
Miranda de Ebro. . . . . .
María de Cubo (Santa). . . . . .
Murcia. . . . . .

Sigue la tabla.

da (Montañas de Santander).	1872	Antillon.
nte) Vizcaya.	3735	Ferrer.
o de Castilla.	4653	
(Monte, cima, Pirineos).	12333	Vidal.
id. id.	12081	Mechain.
los Pirineos en el camino de España		
ncia (Puerto de Pinede).	9030	Ramond.
Bel (Valencia).	4464	Mechain.
a (La cumbre de) Somosierra.	7502	Antillon.
isa (Monte de Valencia).	930	Id.
n (Aragon).	5082	Id.
o de Guadarrama.	4443	Id.
lel Rey (Castilla) su mayor altura. .	2445	Id.
, ó Tres hermanas, Pirineos.	12342	
de Toranzo (Montañas de San-		
)	1143	Peñalver.
e Cuseo (Cima) id. id.	10494	Id.
de Bedores id. id. id.	11484	Id.
acima (Aragon).	3741	
) Sierra-espadan. Valencia.	3909	
de la Veleta (Sierra Nevada en		
da)	12459	
).	2264	
ueleta. Valencia.	3106	
palla.	3345	Ferrer y Bauzá.
onda de San).	4623	Antillon.
Monte sobre Bechi. Valencia). . . .	3945	Mechain.
Monte) Murcia.	1391	Toñño.
ada.	3106	
. . . . .	3099	
ragon).	4413	Antillon.
Alcazar de).	3582	Id.
Montañas de Santander).	3075	Peñalver.
ra (Puerto).	5247	Ferrer y Bauzá.
neral de las dos Castillas.	1985	Humboldt.
co) en Canarias.	13242	Bordá y Varela.
. . . . .	13290	Varela.
. . . . .	15480	Feville.
. . . . .	16824	Herverden.
. . . . .	18594	D. Manuel Hernandez
medio entre estas cinco medidas. .	15486	Vallejo.
ie.	2220	Betancourt.
a (Torre de la Catedral)	441	Mechain.
astilla).	3573	Antillon.
. . . . .	3300	Id.
l Palacio Arzobispal de).	2799	Id.
. . . . .	2325	
de Ardoz.	2104	
. . . . .	2557	
Plaza de la Catedral de).	105	El Baron de la Puebla.
. . . . .	114	Cisneros.
a (Caballeros de la Iglesia) Cataluña	1023	
ga (en la montaña de Murcia). . .	1544	Mechain.
va (Montañas de Santander). . . .	10521	Peñalver.

. . . . . .
zornoza (Vizcaya). . . . . .

47 En virtud de la tabla precedente, si supongo como término medio, que la al ner que proviene toda el agua de lluvia de Madrid sobre el nivel del mar. Por lo que que bajo ningun aspecto me parece exagerad cia ó fuerza motriz à que equivalen los pies cubicos españoles de agua, que hemos nibles para establecimientos de industria, s de una altura de 2394 pies españoles, que cipal del Palacio del Buen Retiro de Mad que el nivel del mar; y como para valuar, fuerza o potencia motriz de una caida de manifestado en la primera parte de nuestr inserta en el tomo 2.° de la 2.ª edicion d Matematicas, que *se multiplica el peso de l que obra en dicho tiempo por la altura* si multiplicamos 4[illegible]43[illegible]2553[illegible]000[illegible]000 1036[illegible]1[illegible]3[illegible]4[illegible]3700[illegible]000[illegible]000. La cual *la masa de agua disponible en beneficio de industria durante un año en el territorio la, considerada como*

o de libras espresado por 501ƀ554ƀƀ61ƀƀ9ƀƀƀ

e quintal, resulta que si dividimos 1∂2422936 por 0,4
rá 2∂6448545, que espresará los pies cúbicos de ag
alero español podrá elevar en todo un año á la altura de
Dividiendo 58009∂∂27626676∂3632750 por 1∂242
rá que la potencia ó fuerza motriz de la cantidad de ag
or la superficie del territorio español de la Península,
, equivale al trabajo de 42030∂1962789 hombres; y
itantes de todo el Globo (§ 581 del 2.° tom. de mi C
Matemáticas) se pueden reputar en unos 630 millones;
la fuerza ó potencia motriz del agua, que corre por el
añol de la Península sin uso alguno, es equivalente á
ces el trabajo que podrian hacer todos los habitantes de l
Y como la España, segun el censo de la poblacion
1797, contenía 10∂5418221 habitantes, resulta qu
toda la espresada fuerza motriz del agua, entre éste
ividuos, corresponde á cada Español una fuerza motr
e al trabajo de 382 hombres: es decir, que *á cada*
España, comprendiendo tambien los de Ceuta, P
es y de las Islas adyacentes, corresponde el poder
a fuerza motriz de agua, en la Península, equivale
odrian producir trescientos ochenta y dos trabajador
y suponiendo que el jornal de estos trabajadores fuese
diaria, resultará que en los 283 dias que hemos

caigan en un segundo de un pie de altura; y el esfuerzo del *Caballo-vapor* en una hora, que contiene 3600 segundos, será el equivalente á la fuerza motriz que causarían 442028 pies cúbicos de agua cayendo de un pie de altura; y en un dia, que se compone de 24 horas solares de tiempo medio (§ 557 II C), equivaldrá al esfuerzo que egercerán 10562672 pies cúbicos de agua cayendo de un pie de altura; y suponiendo que el año contenga 365 dias cabales, resulta que, *toda la fuerza motriz egercida durante un año por la unidad llamada Caballo-vapor segun la estimacion de Watt*, es el equivalente á la que egercerán 3850685280 pies cúbicos de agua cayendo de un pie de altura.

Luego si dividimos por este núm. los 520092027686763632750 pies cúbicos de agua, que, cayendo de un pie de altura, representan la fuerza motriz del agua que hoy no tiene uso ni aplicacion en España, tendrémos el número de caballos de vapor, á que equivale dicha fuerza; y practicando la division, se halla que *la fuerza motriz que puede producir el agua que hoy no tiene aplicacion en España*, equivale á la que pueden egercer 120987990 caballos de vapor segun la estimacion de Watt. Y como en virtud de lo espuesto al fin de la primera parte de mi Mecánica Industrial (pág. 255 II C), todas las máquinas de vapor, que existen en el universo, representan la fuerza de unos *cuatrocientos mil caballos de vapor*, resulta que la fuerza motriz capaz de egercer el agua que hoy no tiene uso ni aplicacion en España, equivale *á mas de treinta y dos veces el esfuerzo que son capaces de producir todas las bombas de vapor que existen hoy en el Globo.* Y como la unidad de fuerza, denominada *Caballo-vapor* equivale (nota del § 118 libro quinto) á 5,526 veces el *caballo-efectivo*, que nos presenta la naturaleza, si multiplicamos los 120987990, por 5,526, resulta que la potencia motriz ó esfuerzo que podrá producir la cantidad de agua, que hoy no tiene uso en España, equivaldrá al de 710771633 caballos efectivos, de los que nos presenta la naturaleza.

53 Ahora bien, segun las leyes vigentes, se hallan abiertas en la actualidad las puertas á la industria, y se concede fácilmente el aprovechamiento de las aguas para establecimientos de esta naturaleza; luego por el cálculo anterior, resulta que cada Español puede disponer en la masa de aguas que corren sin uso alguno en nuestro territorio, de una riqueza equivalente á 4320424 reales que (al 3 por 100) corresponde á un capital de 140414133 reales, esto es, á mas de catorce millones.

Luego si solo en el ramo de aguas, consideradas como fuerza motriz, todo Español puede disponer de un capital de mas de catorce millones de reales; ¿hay motivo para que los Españoles sean tan pobres? ¿y qué es lo que necesitan para que lleguen á aprovecharse de toda esta suma inmensa de riquezas que hoy nada producen? Dos cosas únicamente: 1.ª que *los Españoles se dediquen con mucho esmero al estudio de las Matemáticas y sus aplicaciones*, que son las que enseñan el modo de hacer uso con oportunidad y ventajas de esta fuerza, que ahora no solo es una potencia muerta que nada produce, sinó que por no tener la competente direccion, causa los mayores estragos, inutilizando las cosechas y destruyendo los campos y las comunicaciones; y 2.ª que *nuestro Sabio Gobierno continúe el camino abierto por S. M. el Señor Don Fernando VII, de allanar las dificultades, disminuir las trabas y estorbos que se oponen al desarrollo de nuestra industria, y asegurar la propiedad del modo mas sólido, permanente y eficaz.*

54 En el cálculo anterior solo he comprendido las aguas de la Península; y al hacer la especie de distribucion de su producto entre los Españoles, los he comprendido á todos, aunque no sean peninsulares, porque deséo mas bien quedarme corto en mis cálculos, á fin de evitar el que se puedan reputar exageradas las consecuencias que deduzco.

55 En Africa y en las Islas adyacentes tienen otra cantidad de aguas que nosotros no hemos comprendido en nuestro cálculo y que distribuida entre sus habitantes, vendrá á producir una riqueza igual sobre poco mas ó ménos á la calculada en la Península; pero si quisiéramos hacer el cálculo con toda exactitud, deberíamos tener en consideracion, que por el mismo censo, resulta que:

La poblacion de Mallorca es.	140699 habitantes
La de Menorca.	30990
La de Iviza y Formentera.	15290
La de las Islas Canarias.	173865
La de Ceuta.	3002
La de los Presidios menores.	2244
Cuya suma asciende á.	366090

Por consiguiente, descontando esta cantidad de los 10∂541∂221 que espresa el censo, resultan 10∂175∂131 habitantes en la Península; y en este caso corresponde á cada uno de ellos una suma de riqueza, por la cantidad de accion que produce el agua como poten-

a motriz, equivalente á lo que pueden producir con su trabajo 396 ombres, que es 4482272 reales de renta anual; lo que (al 3 por 00) equivale á lo mismo que si cada Español peninsular tuviese un apital disponible enteramente á su favor de 149423400 reales ve-lon, que es cerca de quince millones.

CAPÍTULO III.

Riqueza que puede proporcionar á la España el fomento de la pesca, en todo el sistema de navegacion interior que se puede y conviene realizar en la Península, segun se hace ver en el libro noveno.

56 Muy pocos datos existen relativos al objeto de este capítulo; pero deseando yo no omitir diligencia alguna para conseguir el importante objeto que me he propuesto, he suplicado á mi amigo don Tomas de Villanova, Catedrático de Zoológia en el Real Muséo de Ciencias Naturales de esta Corte, que se sirviese manifestarme *en cuanto se podría valuar el producto relativo á la pesca de una cierta cantidad de agua dulce contenida en una determinada estension*, á fin de calcular, por la cantidad de agua que en España conviene y se puede emplear en la navegacion interior, y la superficie que debe ocupar, cuanta es la riqueza que la pesca puede proporcionar. Este sabio, elocuente y dignísimo Profesor, aunque estaba muy dispuesto á complacerme, por juzgar que en esto se interesaba tambien el fomento de la prosperidad del Estado, sin embargo, como nada se hallaba escrito sobre este particular, el mismo deséo del acierto y el de no esponerse á suministrar datos equivocados, le retrajo algun tanto de acceder á mis reiteradas súplicas; pero yo le hice presente, que en este género de asuntos siempre se principia por meras indicaciones; que despues, las congeturas dudosas en un principio, van adquiriendo sucesivamente un cierto grado de probabilidad, y con el exámen atento y circunspecto de los hechos que se observen, esperimentos que se hagan, y consecuencias que se deduzcan, van adquiriendo mayor certidumbre; y que aplicando luego á los resultados de la observacion y de la esperiencia los métodos matemáticos que se conocen bajo la denominacion de *métodos de interpolacion*, de tal modo se enlazan los resultados, que en muchos ramos se ha verificado ya el que de ser en un principio un conjunto de nociones vagas,

s é inciertas, se han llegado á elevar al grado de una ciencia físico-matemática; se decidió á cooperar por su e grandioso objeto.

n la prudente desconfianza que tiene todo el que conoce la del acierto en estas materias, y al mismo tiempo con el leséo de abrir un nuevo campo de investigacion, útil en ra el progreso de las Ciencias, y muy ventajoso para la particular, principiamos á conferenciar sobre tan intere- o; y aunque hubiéramos deseado que este punto quedase as completamente, sin embargo con los principios en que enido, y con una observacion que yo tengo hecha en las es de París, hay suficiente por ahora para bosquejar de esta materia, reservando para mas adelante cuantas ob- podamos hacer, y noticias podamos adquirir.

incipios reconocidos por ciertos. 1.º Cuanto mas contac- superficie de agua con el aire atmosférico, dada una pro- ofundidad, tantos mas peces podrá mantener; y si á esta dad de agua se le da un cierto movimiento, para que se s cantidad de aire atmosférico con ella, mas peces po- r.

profundidad necesaria, para la cómoda subsistencia de s la de seis veces la mayor distancia desde el dorso de panza ó barriga.

el agua detenida parcialmente; pero si una misma canti-
de agua se detiene por medio de esclusas ó presas, el mayor
lucto será en razon de la mayor superficie que por este medio ad-
ra el agua. De manera, que se puede establecer en general, que
oducto de la pesca, en igualdad de las demas circunstancias, es
azon de la superficie superior que se le dé, profundidad y mo-
ento, debiendo ser este moderado y contínuo. Importa poco, que
anantial sea grande ó pequeño: lo que importa es que haya mu-
ha superficie y la profundidad conveniente.

.° En general, es mejor un estanque de una moderada profun-
l con mucha superficie, que nó mucha profundidad con poca su-
cie. Así es, que en los pozos no se crian peces, porque tienen
superficie; de manera, que conciliando el que la profundidad sea
veces lo ménos la distancia del lomo á la barriga del pez con-
aumentar la superficie.

° En el invierno se sostienen mejor los peces que en el verano.

.° Es problemático si se puede verificar la cria de la pesca
ua que no tenga ninguna salida; porque entónces solo podrán
ear los anfibios y las anguilas, pero nunca los peces; y esto es
e las anguilas viajan por tierra de noche.

Puesto que, en virtud de estos principios, la cantidad de la
depende mas bien de la superficie del agua que de la cantidad
ta, calculémos la superficie que ocuparán las aguas que hoy
al mar por el territorio español sin producir ventajas, suponiendo
ecido el sistema de navegacion que proponemos en esta obra.
n el libro 9.° reputamos que toda la línea de navegacion se
suponer equivalente á 12 veces la del Tajo. A esta se le dan
12) de la *Memoria sobre la navegacion del Tajo* desde
uez hasta el Atlántico, por el Brigadier Don Francisco Javier
es, unas 120 leguas de á 20000 pies; luego en las 12 líneas
vegacion como esta, se tendrán 1440 leguas. De esto debemos
tar 55 leguas que la línea de navegacion del Tajo podrá re-
e que entra en Portugal; 45 que viene á ser lo que entra el
, y unas 40 el Guadiana, que entre las tres componen 140
; por lo que la superficie de las aguas que, en España, ocu-
la navegacion, quedará reducida á 1300 leguas de á 20000
ada legua; lo que produce 26000000; esto es, *veinte y*
illones de pies longitudinales.

Suponiendo que, por término medio, sea 100 pies el an-
que no es demasiado, resulta una superficie cúbierta de agua de

2 8 6 0 0 9 0 0 0 8 0 0 0 pies cuadrados; esto es, de *dos mil y seiscientos millones de pies cuadrados*, que hacen 3 1 8 3 4 6 fanegas del marco real.

61 Para calcular ahora cuanta pesca se puede criar en esta estension, necesitaríamos saber la cantidad de pesca que se puede producir en un pie cuadrado de superficie, en una fanega ó en una legua, &c. que es el dato que no existe en los libros que tratan de esta materia. Mas, á falta de este conocimiento, harémos uso de un hecho que hemos observado cerca de París. Efectivamente, en un establecimiento industrial en que había una bomba de vapor, para recoger el agua que esta dejaba correr, despues de efectuada la condensacion del vapor, hicieron una especie de pozo, estanque, balsa ó alberca, sin mas que profundizar un poco el terreno; gastaron dos francos en comprar *tencas*, que echaron en la espresada balsa; y como esta tenía el agua caliente, procreaban las tencas de un modo tan prodigioso, que sacaban cada dia como el valor de *tres francos* en esta especie de pescado. Ahora bien, tres francos diarios equivalen á 4380 reales al año, donde observamos desde luego cuan fecundo es este género de especulacion, pues que *ocho reales* empleados de capital producen anualmente de rédito 4380 reales, lo que equivale á rendir al año *quinientos cuarenta y siete reales y medio por uno*: que no se conoce género de industria que, con ménos riesgos, proporcione tanta ganancia.

62 La estension de la espresada balsa, poza, estanque ó alberca tendría de radio unos 80 pies; lo que viene á equivaler (§ 359 cor. 2.º I. C.) á una superficie de 20106 pies cuadrados. Dividiendo los 4380 reales, despues de reducidos á maravedises, por este número de pies, resulta para cada pie cuadrado un producto anual de mas de siete maravedises. Reduzcamos este producto solo á 2 maravedises, que es ménos de la tercera parte, ya por la diferencia del precio de los paises, ya por la incertidumbre de los datos; y supongamos que el producto, en pesca, de un pie superficial de agua en nuestro territorio sea únicamente el de dos maravedis en todo el año; hipótesis que es muy corta, pero que preferirémos para establecer todos nuestros cálculos mas bien por defecto que por exceso, á fin de que no se nos pueda tachar de exagerados; y tendrémos que los *dos mil y seiscientos millones de pies cuadrados*, que ocuparán las aguas del territorio español, producirían al año *cinco mil y doscientos millones de maravedises*, que equivalen á 1 5 2 9 9 4 1 8 1 7 6 reales; pero por las razones acabadas de indicar, supondrémos que el producto de la pesca se estiende solo á *ciento y cincuenta millones*

de reales al año. De lo cual se pueden inferir con facilidad las ventajas directas que resultarían bajo este aspecto, ademas de las muchísimas indirectas que proporcionaría á los Españoles el tener por todas partes abundante, saludable y exquisita pesca para atender á su manutencion, y aliviar sus necesidades.

CAPÍTULO IV.

Valuacion de la riqueza que puede proporcionar el agua que hoy no tiene uso en España, empleada en el trasporte de los frutos, géneros y mercancías por navegacion interior.

63 Siempre que podamos reemplazar nuestras propias idéas, por las de personas de reputacion, que se hayan ocupado del mismo asunto, se verá constantemente, en el discurso de esta obra, que preferimos el tomar de otros los datos convenientes. Por fortuna, en la *Memoria* impresa relativa al proyecto de la navegacion del Tajo, que ya hemos citado (§ 59), encontramos un presupuesto de las ventajas que puede proporcionar dicha navegacion, y asciende á 7$\mathfrak{D}$120$\mathfrak{D}$000 reales al año, despues de satisfechos todos los gastos fijos, y ademas un 5 por 100 del capital empleado, segun se manifiesta página 46 de la obra mencionada.

64 Toda la navegacion interior de España, segun harémos ver en el libro noveno, se puede reputar como equivalente á *unas doce veces la riqueza que pueda producir* la navegacion del Tajo. Luego resulta que el agua que hoy no tiene aplicacion en España, empleada en navegacion interior, podrá producir *ochenta y cinco millones cuatrocientos cuarenta mil reales vellon al año*; que, al 3 por 100, corresponde á un capital de *dos mil ochocientos cuarenta y ocho millones.*

CAPÍTULO V.

Reflexiones acerca de que el empleo simultáneo del agua para regar, mover las máquinas, criar pesca y servir á la navegacion, no disminuye el cálculo hecho para el resultado total á que puede ascender el aumento de riqueza que puede producir el oportuno aprovechamiento de las aguas.

65 Resulta pues de los cuatro capítulos anteriores, que el aumento de riqueza que puede reportar la España del oportuno apro-

[illegible] puede rendir en esquisita pesca segun resulta del (§ 62).

Producto que pueden rendir sirviendo al trasporte de los generos, frutos y mercancias, segun resulta del (§ 64) . . . . . .

—

Total . . . . . 4[illegible]

Donde vemos que, por la parte n[illegible] año un aumento de riqueza en nuestra [illegible] *setecientos ocho mil, setecientos trei[illegible] ocho y seis mil ochocientos cuarenta* [illegible] tinadose por el censo de la riqueza terri[illegible] ya citado, que el total valor de los pro[illegible] peninsular asciende a 4[illegible] que el aumento procedente del aprovech[illegible] terminos expresados *equivale a hacer m[illegible] ocho veces mayor la produccion del [illegible]*

Ahora mas falta hacer ver, que el [illegible] estos objetos no perjudica a los demas: [illegible] miento del agua para la Agricultura [illegible] tiempo sirva de motor en las maquinas, [illegible] y proporcione abundante y esquisita pes[illegible] trario, a saber: que si el agua que corre [illegible] una determinada se emplea simultaneamente [illegible] sabbe[illegible]

Es un hecho reconocido por todos los Agrónomos, que el agua que resulta inmediatamente de la fusion de las nieves no es la mas á propósito para la vejetacion, al ménos en un gran número de plantas, y que acaso podría perjudicar. Luego si el agua, que resulta de la fusion de las nieves, en vez de emplearla inmediatamente en la Agricultura, la obligamos á que permanezca detenida en depósitos, damos lugar á que tome la temperatura del aire ambiente, y se meteorice: con lo cual aumenta de un modo prodigioso su influjo benéfico en la vejetacion. Es tambien otro hecho reconocido por todos, que el agua que sale inmediatamente de los manantiales, y mucho mas la que se saca de los pozos, no solo no es ventajosa para la vejetacion, sinó que le es perjudicial. Luego si en vez de emplear las aguas de los manantiales directa é inmediatamente en el regadío, las conservamos rebalsadas, con el fin de que sirvan á la navegacion, á producir la pesca y á sostenerse á mayor altura para que proporcionen mayor fuerza motriz en las máquinas, el agua adquirirá mas propiedades útiles para servir á la vejetacion.

68 Por otra parte, miéntras á mayor altura se conserve el agua, se podrá con mas facilidad dirigir, con diminucion de gastos, á regar mayor porcion de terreno: con lo cual se consigue que, en vez de ser el agua perjudicial, sea ventajosa; y sin temor de exageracion podríamos establecer que de emplearse el agua inmediatamente como resulta de la fusion de las nieves, como sale de un manantial ó de un pozo, á emplearla de modo que esté rebalsada, podrán graduarse por la parte mas corta en un duplo sus ventajas; resultando una cosa análoga tambien con el agua de los rios.

69 Considerémos ahora las buenas cualidades que adquiere para el dicho efecto sirviendo al mismo tiempo para los otros tres objetos. Una corriente de agua, que se empléa cayendo de una determinada altura, al estrellarse contra una rueda hidráulica, ó al salir de ella &. segun la forma de la máquina, siempre se subdivide mas ó ménos, formando espuma; y esta subdivision le hace combinarse con el ayre, impregnándose de todos sus beneficios. Consideradas bajo otro aspecto las ruedas y máquinas hidráulicas, se observará que contienen siempre partes grasas, de las que se emplean para disminuir los rozamientos; las cuales disolviéndose, ó siendo arrastradas por el agua, hacen que esta sea mas útil para la vejetacion. Ademas, en todo parage donde se halla colocada una rueda hidráulica, resulta que hay gentes, ganados, ó se ejerce alguna manufactura: lo cual origina el que revolotéen en la atmós-

féra, en cierto estado de mas ó ménos descomposicion, gran parte de moléculas procedentes de sustancias vejetales ó animales, que se combinan, disuelven ó arrastran por el agua, que por esta causa viene á ser mas adecuada para la vejetacion. Por manera, que si se hiciesen los correspondientes esperimentos empleando una misma cantidad de agua en regar una porcion de terreno, igual en todas las circunstancias, sin haber servido para mover una rueda hidráulica, y despues de haber servido, se notarían ventajas de mucha consideracion en regar con el agua, despues que ha servido para dar impulso á la rueda hidráulica.

70 Es un hecho, reconocido tambien como exacto, que la naturaleza próvida ha dispuesto de tal modo la existencia de los seres, que se nota por ejemplo una cierta dependencia entre los cuerpos del reino vejetal y los del animal. Los vejetales sirven para el nutrimento de los animales; y los animales cuando se destruyen, sirven de alimento y nutricion á los vejetales; y miéntras unos y otros viven, lo que unos desechan por serles inútil, sirve para nutricion de los otros: observándose por otra parte un órden tan admirable en la naturaleza, que no se hallará parage donde exista un vejetal, que no pueda encontrar tambien su alimento un animal, y *vice-versa*. Por una consecuencia de esta ley general, el agua en que hay peces, se carga de los escrementos de estos, y se impregna de las sustancias, que resultan por su traspiracion, desove &c., las cuales conducidas en disolucion ó suspendidas por las aguas, aumentan sus virtudes vejetativas. Y como los mismos peces destruyen á la par una porcion de vejetales acuáticos y de insectos que suelen anidar en ellos, aumentan cada vez mas y mas los principios nutritivos de los vejetales que arrastran despues las aguas que se emplean en regar.

71 Es notório igualmente que las personas, que van en los barcos, arrojan al agua una inmensidad de despojos; los mismos barcos están compuestos de partes grasas; y como los remos, cables &c. se desgastan y descomponen, todas estas partículas disueltas ó arrastradas por el agua, contribuyen á que adquiera mejores y mayores propiedades vejetativas.

72 De donde podríamos concluir, sin temor de exageracion, que cada una de estas circunstancias podría influir por sí sola, si se considerase aislada, para duplicar las ventajas: luego podrémos establecer que si las utilidades que una cierta cantidad de agua rinde á la Agricultura, corriendo naturalmente, se reputan como 1,

pues de haber estado rebalsadas para que sirvan á la navegacion, ı pesca y á que desciendan por ruedas ó máquinas hidráulicas, ıltarán ventajas lo ménos cuádruplas.

73 Considerémos, ahora, el agua empleada para fomentar la ca. Es un hecho, que una cantidad cualquiera de agua, miéntras ı corriente lleva ocupa menor superficie respecto de la que tiene ndo está rebalsada; por consiguiente, en virtud de los principios llevamos establecidos (§ 58), una misma cantidad de agua reada, producirá mayor cantidad de pesca que si fuese corriente. otra parte, es otro hecho reconocido como exacto, que en las las de aguas, que hay en los molinos y otros establecimientos inriales, aquella espuma que forma el choque de las aguas contra partes sólidas, hace que acudan allí mas peces. Los mismos des- s de los barcos contribuyen al aumento de la pesca; en términos, por todos estos motivos, resulta que si la utilidad que puede pror el agua en pesca cuando corre naturalmente, la consideramos o una, la que producirá rebalsada para que sirva al mismo tiemá los otros objetos, será dupla por la parte mas corta.

74 La navegacion no se puede conseguir en general, aun cuanhaya el suficiente fondo de agua, si la velocidad de la corrien- s demasiada; por lo que rebalsándola para tenerla á mayor al- y que sirva á los demas objetos, se disminuye la velocidad y tiende mas la navegacion. Por otra parte, estando rebalsada el , se meteoriza mas y se carga de las sustancias que resultan s despojos de la navegacion y de los peces; y como todas estas ncias ó van en disolucion en las mismas aguas, ó van en susion arrastradas por ellas, contribuyen á aumentar su peso espe- ; por lo que los barcos, calando una misma cantidad de agua, ín llevar mayor cargamento; luego el emplear el agua rebalsairviendo al mismo tiempo para la pesca &c. tambien aumenta ventajas.

75 Por la razon que acabamos de dar, adquiriendo el agua maeso específico, se aumenta su fuerza motriz (en virtud de lo es- o en la primera parte de nuestra Mecánica Industrial). Luego demostrado, del modo mas convincente, que el empléo simul- del agua para los cuatro objetos aumenta su influjo de un muy estraordinario, respecto de si se consideráse cada uno nente.

Hagamos una ligera indicacion acerca de los gastos. Supon- que para satisfacer las necesidades de la Agricultura ó de la

..., podrá costar lo mas el doble; por
gasto, no solo se consigue una utilidad du

77 Resta, pues, ahora investigar s
de estos cuatro objetos se puede conseguir
en la Agricultura disminuya la cantidad
general, si el empléo simultáneo del agu
puede disminuir los productos de la cantid
culado en los dos primeros capítulos.

Teniendo el agua rebalsada, se sufren
una procedente de la evaporacion, y la otra
ciones. La que se escapa por las filtracione
los parages mas bajos, por los procedimien
cadas en la Introduccion; luego esta no dis
luta de agua en el territorio español; lo qu
minuirá algun tanto como potencia motriz;
agua correspondiente al desnivel que hay de
introduce en la tierra por la filtracion, hast
un motor que no sirve para la industria; p
mas que compensada por el aumento que ori
vamos á indicar.

78 La cantidad de agua que se evapor
superficie que ocupa; y siendo mucho mayor
cuando permanecen rebalsadas, que cuando
duda que habrá mayor cantidad de evapor
producirá mayor cantidad de

la misma fuerza que puede resultar por la pérdida que originan s filtraciones. Luego en ningun sentido puede temerse diminucion de s aguas; y en caso de haber alguna, será tanto ménos sensible, tanto mas se auxilie con los medios secundarios de la propagacion arbolados.

79 Veamos lo que debe resultar del empléo del agua en la Agricultura. A primera vista, parecerá que atajando enteramente un rio empleando el agua en regar, ya no puede servir de motor para las máquinas industriales, y por lo mismo, que el empléo del agua en Agricultura se halla en contradiccion con su valor ó empléo como erza motriz. Sin embargo, esto no es tan exacto como parece á primera vista, y acaso se verificará lo contrario.

Con el objeto de aclarar suficientemente este punto, debemos observar, e empleando una cierta cantidad de agua en regar, su efecto es el uiente: una parte se introduce en el seno de la tierra, se filtra en interior y va á salir á mas ó ménos distancia por las partes mas jas, de manera, que esta porcion volviendo á aparecer, puede vir nuevamente para regar; solo se pierde una parte análoga emada como motor. Otra porcion se descompone, se asimila á las rtes de los vejetales, se fija en ellos aumentando sus partes sóli s, en las que predomina siempre el hidrógeno, que es uno de los tores del agua, y queda formando los jugos de los frutos; lo que se puede poner en duda al comer los melones, las uvas, las zanias &c. &c. Toda esta porcion de agua se pierde enteramente y no pue contribuir, ni para regar despues, ni para navegacion, pesca, ni erza motriz; pero como, al hacer la distribucion de las aguas, nos sultaron (§ 18) sobrantes, despues de satisfechas todas las necesidades de la Agricultura, mas de la sesta parte de la cantidad de gua calculada, no aventurarémos mucho en suponer que esta cantidad se podrá considerar como mas que la equivalente para compen- la consumida por la mencionada causa.

80 La otra porcion de agua se difunde por la atmósfera, ya por la evaporacion, ya por la traspiracion de las plantas; y como sta se condensa en la parte mas alta de las montañas, y caerá inmediata á sus faldas; resulta que esta cantidad de agua no se pierde, pues vuelve á la tierra; y cayendo generalmente á mayor altura, que la del parage donde se eleva, producirá una fuerza motriz capaz de indemnizar mas que suficientemente la pérdida que causa la misma fuerza que no ejerce la porcion que se empléa en el aumento de las partes sólidas de los vejetales, y en los jugos de sus frutos.

[illegible] términos que propone
evitar los contínuos y tremendos estragos
de que son documentos muy auténticos n
riódicos *; y reservándonos para el libro
empléo del agua en los términos que prop
perjuicios á la salud pública bajo ningun
trario inmumerables ventajas, limitarémos
suma que hemos deducido (§ 65): la
10∂541∂221 habitantes, que, segun el c
España; corresponde á cada Español an
riqueza de *cuatrocientos treinta y siete m*
vellon, que, al 3 por 100., corresponde á
vor de cada Español se pudiese disponer
torce millones quinientos setenta y tres
y seis reales vellon.

82 El objeto de la presente obra es m
los cuales se puede obtener con facilidad y si
objeto de tan grande importancia. ¡Feliz yo s
dó ó en parte á proporcionar este inmenso be
toca, puedo asegurar que no he perdonado m
omitiré diligencia alguna que pueda cooperar
portante objeto; y aun cuando se quisiera
ilusoria mi esperanza, no por eso creo deba
esfuerzos: pues que en todos tiempos y circ
cido el que *in magnis, voluisse, satis est*

LIBRO SEGUNDO.

úmen histórico de los conocimientos hidráulicos hasta uestros dias, indicando las obras mas sobresalientes obre esta materia.

PRIMERA ÉPOCA.

Comprende hasta el tiempo de Galiléo.

La teoría matemática del movimiento de los fluidos y líqui- no se ha llegado á presentar de un modo rigoroso y profundo a que las otras partes de la Mecánica racional estaban muy ade- ıdas. Lo cual proviene de que, en general, los progresos de los sos ramos de las Ciencias dependen del grado de dificultad que entan sus investigaciones; por lo que la solucion de las cuestio- del equilibrio, tanto de los cuerpos sólidos como de los fluidos, lebido ser muy anterior á la de los problemas relativos al movi- ito: así se ve, que han trascurrido 18 siglos entre el descubri- ito de los primeros principios de la Estática y de la Hidrostática, dos á Arquimedes, y el de algunos principios elementales de Di- ica é Hidrodinámica, debidos á Galiléo y á sus discípulos.

En efecto, Arquimedes que floreció unos 250 años ántes de ra cristiana, es el primero que ha descubierto el principio cien- del equilibrio de la palanca, uno de los mas fundamentales de stática elemental; pero nada tenemos de él sobre las leyes del miento. Y si la Mecánica de los cuerpos sólidos ha sido tan en formarse, no debemos estrañar que lo haya sido mas la de uidos; pues aun suponiendo que se hubiesen llegado á determi- geométricamente las condiciones del equilibrio y del movimiento cto de un sistema de cuerpos sólidos, el mismo método no se

blemas que dependen de ellas se resolve
cálculo, de la misma manera que los de

4 Arquimedes, á quien se deben t
Hidrostática, ha presentado los fundam
tratado *De Insidentibus Humido*, sobre
do y confirmado por la esperiencia, de qu
una masa fluida en equilibrio, sufre igu
dos; y hace despues aplicacion de esta teo
del triángulo, del cono y del paraboloide,
en un fluido. Este tratado, que consta de
uno de los mas preciosos monumentos de s
del nacimiento de la Hidráulica estaba aun

5 Dos Matemáticos de la Escuela d
Heron su discípulo, como un siglo despues
ron algunas máquinas hidráulicas muy in
obrar dependía del resorte ó peso del aire p
son las bombas, que hacen servir al aire de
triz, y la *fuente de compresion*, llamada
Heron, en la cual el agua se eleva sobre s
que en ella se ha condensado. Entre los a
Ctesibio, no podemos dejar de llamar la a
cion de los *Clepsidros ó relojes de agua*
sacó un partido muy ventajoso del movimi
subdividir la duracion de los años y de los
que corre

n el cual hace que se vaya elevando otra figura que flota en él, teiendo una varilla por cuyo medio y el de su ascension gradual inica las horas en una columna; el mismo fluido sirve despues de notor en lo interior del pedestal á un mecanismo por cuyo medio la olumna hace una revolucion al rededor de su eje en un año: de tal uerte, que el mes y el dia en que uno se halla está siempre bajo el índice.

Los antiguos nos han trasmitido otras varias máquinas hidráulicas, tales como la *Coclea ó rosca de Arquímedes*, *el sifon*, *los molinos de agua*, *las cadenas de cangilones*, &c.; y tanto los progresos de la civilizacion, como las necesidades urgentes de los pueblos, han obligado á hacer aplicaciones de los efectos del movimiento ántes de conocer sus leyes; y considerando este movimiento respecto de las aguas corrientes, debemos hacer justicia á los Romanos, por haber tenido sobre este particular una superioridad eminente con relacion á todos los pueblos del Mundo.

6 Así es, que ellos habian elevado para la conduccion de las aguas los mayores monumentos, mucho tiempo ántes de conocer las Ciencias y las Artes de la Grecia; y despues atrajeron á Roma los Hidráulicos y obreros mas hábiles, y egecutaron en la mayor parte de los paises sometidos á su dominio, acueductos, puentes, puertos, &c., de que todavía existen magníficos monumentos.

7 Se atribuyen á *Sexto Julio Frontino* las primeras nociones un poco exactas que se han tenido acerca de las leyes del movimiento de los fluidos. Inspector de las fuentes públicas en Roma, en tiempo de los Emperadores Nerva y Trajano, dejó sobre este particular una obra intitulada: *De aquæductibus urbis Romæ commentarius*. El considera en ella el movimiento de las aguas que corren en canales, ó salen por orificios de los depósitos ó vasos que las contienen; describe los acueductos de Roma; fija y compara las medidas ó módulos de que se servían para determinar la cantidad de agua que suministran los diferentes orificios; y manifiesta los medios de distribuir las aguas de los acueductos, fuentes, &c. Hace observaciones juiciosas sobre estos diversos objetos, entre las cuales citamos como de la mayor importancia, la de que *el producto ó cantidad de agua, que sale por un orificio, debe valuarse, no solo por la magnitud de su superficie, sinó que es necesario atender bien á la altura del depósito*; consideracion muy simple, juiciosa y exacta; y que sin embargo dice *Bossut*, ha sido despreciada por algunos fontaneros modernos. Dicho Autor conoció tambien que

destinado á tomar una cierta cantidad de ag
to, debe tener, segun las circunstancias, una pos
oblicua con relacion al curso del fluido, etc. I
a por otra parte ninguna precision geométrica en su
conoció la verdadera ley de las velocidades con rela
de los depósitos.

SEGUNDA ÉPOCA.

nde desde el tiempo de Galiléo hasta el de Daniel I

Las Letras y las Artes estaban ya en decadencia e
tiqo; y bien pronto la Europa fué sumergida en la
barbarie. Esta oscuridad profunda duró cerca de 1
piritu humano principió á salir de este letargo por
o y proteccion que recibieron en Italia las Artes de agr
á brillar con el mismo esplendor que en los hermos
Grecia y Roma, y fueron penetrando poco á poco d
pueblos vecinos. La Filosofía Natural, esto es, aquell
conocimientos humanos que se propone esplicar con e
ómenos de la Naturaleza, procedió mas lentamente,

s campiñas comarcanas, se vió precisada á examinar el movi-
iento de las aguas corrientes en la superficie del Globo: lo cual le
hecho conservar por espacio de muchos siglos, la preeminencia
mana en materias de Hidráulica; y no se puede poner en duda,
e las obras publicadas por sus Matemáticos, y por sus Ingenie-
s, despues de Galiléo, han influido considerablemente para que la
idráulica aplicada haya dejado de ser un arte meramente *em-
rico*, para convertirse en un verdadero ramo de las Ciencias
ico-matemáticas.

11 En efecto, el curso de las aguas, en la superficie de la tier-
, atrajo la atencion de *Castelli*, discípulo tambien de Galiléo; y
un pequeño tratado, que salió á luz en 1628, *Castelli* esplicó
y claramente algunos fenómenos del movimiento de las aguas en
canal natural ó artificial de figura cualquiera; establece que *cuan-
el agua llega á tomar un estado regular y permanente*, que
lo que hoy se llama *régimen* en los canales, rios, &c., *las velo-
ades en las diferentes secciones, hechas perpendicularmente á la
ccion del movimiento, están en razon inversa de las superfi-
s de estas secciones*: principio verdadero y de que *Castelli* dedu-
muchas consecuencias exactas; pero se equivocó en la medida ab-
ta de la velocidad.

Torricelli tuvo un éxito mas feliz en la investigacion particular
la velocidad de las aguas á su salida de un vaso por un pequeño
ificio; pues dedujo que, *haciendo abstraccion de la resistencia de
obstáculos, las velocidades de los chorros seguían la razon
las raices cuadradas de las presiones*; proposicion que se con-
mó por los esperimentos que *Rafael Magiotti* hizo en aquel tiem-
sobre los productos de diferentes tubos aditicios bajo diversas car-
s de agua. *Torricelli* publicó su descubrimiento en 1643 á conti-
acion de su pequeño tratado de *Motu gravium naturaliter acce-
rato*. Con lo cual la Hidráulica, en la parte relativa á los des-
ües por pequeños orificios, vino á ser una verdadera ciencia, de
e la práctica sacó grandes ventajas para beneficio de la humani-
d. Pero en el desagüe por orificios un poco grandes con relacion
las secciones horizontales del depósito, la velocidad sigue una ley
cho mas complicada, que la Geometría y la Analísis en tiempo de
orricelli no podían descubrir.

12 Para convencerse de los justos títulos que tiene la Italia al
conocimiento público, por sus numerosas, apreciables é importantes
vestigaciones acerca del movimiento de las aguas, basta examinar

a é interesante coleccion intitulada *Racolta d' autori*
o del moto dell acque &c. impresa en Florencia el año
9 volúmenes en 4.°

nos aquí los estractos de seis de las obras contenidas en
a coleccion, porque nos serán muy útiles para diversas
nes.

primera tiene por título: *El mar Adriático y sus cor-*
ninadas por el Doctor Geminiano Montanari.

iglo 16 se empezó á conjeturar por varios indicios, que
mar Adriático y la superficie de sus aguas se elevan
por la sucesion del tiempo. Las observaciones posteriores
biten contínuamente, han hecho ver que aquella conjetu-
erdad constante. Algunos sábios, contemporáneos de *Mon-*
saban que la elevacion del fondo de dicho mar provenía,
n mucha parte, del cieno y arena que el antiguo *Piave*
í sin cesar. En 1684, *Montanari* impugnó con energía
a en el discurso de que tratamos. Sostuvo que la causa
l efecto indicado era la reunion de las materias llevadas
riente, que partiendo del estrecho de Gibraltar, sigue la
Mediterráneo á lo largo de las costas de Berbería, y que
haber dado la vuelta al mar Adriático y al Mediterráneo
r por la parte del estrecho de Gibraltar próxima á la
existencia de esta corriente está probada por la diferen-

Viviani principia por hacer ver en este discurso que la madre Arno se eleva continuamente; lo que está probado, tanto por la da de los molinos, como por la comparacion de los diferentes pun- de sumideros, y lo que en efecto debe suceder por el embarazo de piedras, cascajo y arena que el agua lleva consigo, y deja re- adas. Propone despues los medios para precaver la elevacion de la dre del Arno, y para evitar los inconvenientes de las grandes ndaciones á que está sujeta la ciudad de Florencia. Su proyecto sisté en levantar los bordes al Arno sobre Florencia, construir en sitios correspondientes, diques y pesqueras para detener las pie- s y arenas, y hacer en los valles inmediatos, depósitos para reci- parte de las aguas que de allí podian pasar á reunirse con el nó por encima de Florencia; pero este proyecto, á cuya ejecucion dió principio, no se ha continuado, y se observa que desde *Viviani* madre del Arno se eleva cada vez mas.

15 *Tratado de la naturaleza de los Rios por Guglielmini con as de Eustaquio Manfredi.*

Este tratado, que tuvo en su tiempo la mayor aceptacion, me- aun en el dia la atencion de todos los sábios Hidráulicos. *Eus- io Manfredi* aumentó las últimas ediciones con instructivas no- haciendo la distribucion en 14 capítulos.

Los tres primeros contienen definiciones y nociones generales re el equilibrio de los fluidos, origen de los rios, fuentes &c. *glielmini* queriendo esplicar matemáticamente el equilibrio de los dos, los considera como compuestos de moléculas esféricas; supo- on enteramente arbitraria, y que presenta obstáculos en las nostraciones.

En el capítulo 4.º trata, segun la doctrina de Galiléo de la ace- acion de los graves, del movimiento del agua que cae verticalmen- ó que desciende á lo largo de un álveo inclinado al horizonte. In- ta aplicar á los resultados de la teoría, las modificaciones que exi- la resistencia del aire, el rozamiento, y en general todos los obs- ulos que puede encontrar el agua en su curso y que destruyen te de su velocidad.

El objeto del capítulo 5.º es la situacion de la madre de los rios, es, su profundidad, su anchura y su pendiente ó declive. Aquí ncipia el Autor á *anatomizar* (sirviéndonos de su espresion) el o de los rios. Entremos con él en algunos pormenores. Estable- que el agua se moverá, con tal que esté mas elevada que el si- hácia el que debe correr. Así, un rio, cuya superficie es hori-

ejará de correr, si hay un desaguadero colocado un
o que su superficie. En el actual estado físico de las co-
es de los ríos están inclinadas por lo ménos en la ma-
su estension. Sus diferentes inclinaciones y sinuosida-
de la resistencia del fondo y de los obstáculos que el
ra en ellos.

de un río, en virtud de su rozamiento contra el fondo
del álveo, desprende necesariamente tierra ó arena que
u corriente: de esta manera, el rio debe profundizarse
e, efectos que tendrán lugar mientras que la fuerza del
entre una resistencia igual que la destruya. Pero como
rio, al ensancharse, pierde poco á poco su pendiente, y
primitiva disminuye en virtud de las sinuosidades ó
álveo, y por otra parte las tierras á una profundidad
n mas tenacidad, sucede al fin, que llegan á equilibrar
de las aguas y la resistencia de las tierras. Si para tur-
librio se coloca algun obstáculo en el rio, la fuerza del
á contra él; y de un modo ó de otro, restablecerá poco
ado de equilibrio. Los ríos deben dejar de profundizarse
e de ensancharse, por dos causas poderosas, á saber: la
l fondo, y la diminucion de la velocidad concurren para
se profundice su lecho; pero al propio tiempo la dimin-
endiente y la velocidad deben aumentar la altura del agua

estén llenos de asperezas que resistan al movimiento del cuer-
observará que si este ha de tener igual velocidad, es indispen-
ñadir á la pesantez relativa una fuerza estraña, tanto mayor
el plano sobre que se mueve el cuerpo, se acerca mas á ser
al. Luego en igualdad de circunstancias, los obstáculos de los
resisten con tanta mas ventaja cuanto estos se acercan mas
horizontales.
mismo sucede con el terreno que forma el álveo del rio; mien-
s se aproxima este á ser horizontal, tiene mas consistencia,
onsiguiente opone mas obstáculo á la fuerza de la corriente.
aqui se sigue, que si la inclinacion del fondo es suficiente
npedir la corrosion que produce la fuerza de la corriente, y
aumenta, propenderá á escavar y á ensanchar el álveo. Pero
una seccion latitudinal y perpendicular al rio aumenta, dis-
necesariamente la velocidad, ó corresponde á menor declive.
paso que un rio se aleja de su origen, ó se acerca al mar, y
que se aumenta la cantidad del agua ó su fuerza, debe nece-
nte disminuir mas y mas su declive, como lo acredita la es-
a. De donde proviene principalmente, que si muchos rios se
el álveo comun tiene ménos declive que el que tenían cada
ellos ántes de reunirse.
ando un rio lleva por todas partes una misma cantidad de
uede considerarse el fondo como rectilíneo en una corta esten-
ro en un espacio dilatado forma el fondo realmente una curva.
dos rios, desiguales en masa, tienen igual velocidad, el mas
able, á igualdad de circunstáncias, tendrá ménos declive;
tal caso la fuerza mayor de la corriente debe ser contrarestada
ayor resistencia que proviene de la menor inclinacion del álveo,
ando un rio, en virtud de una velocidad primitiva, tiene
para corroer el fondo, este llegará á hacerse horizontal; por-
e pretende que puede conservar algun declive sensible, re-
un aumento de velocidad, y por consiguiente tambien de fuer-
omo se supone que en su primer estado la corriente podia esca-
ondo, resulta que aumentada su fuerza, producirá con mas
l mismo efecto; y por consiguiente hará que el fondo ven-
r horizontal.
aquí se sigue, que si se aumenta la fuerza del agua, crece-
ien el álveo; pero no padecerá alteracion su situacion hori-
con tal que sea una misma la resistencia del terreno, y con-
odas las demas circunstancias del mismo modo.

veo de un rio, que ha venido á ser horizontal en algun
estrecha en la parte inmediata, se formará por uno y
contra-declive, cuyo ángulo será socavado continua-
álveo en la parte segunda se irá aproximando á la po-
ontal.

lo establecido el Autor que, dada la resistencia del ter-
tras mas fuerza tiene la corriente, ménos declive tiene
tuye, que dada la fuerza de la corriente, miéntras mayor
dad del terreno, mas declive tendrá el rio. De donde pro-
los rios, cuyo fondo se compone de piedra caliza, ó to-
mas declive que aquellos cuyo fondo es de arena ó limo.
el fondo se compone de piedras, de arena gruesa, y de
ás que el agua puede llevar consigo, será su declive tanto
nto ménos peso específico tengan dichas materias; por-
s ménos pesadas sean estas, ménos resistirán al agua,
guiente mas fuerza tendrá la corriente para socavar el
cerle horizontal. Ademas de esto, la configuracion de las
terias puede oponer mas ó ménos obstáculos al choque
y que tambien debe ocasionar variedad en la velocidad
Los rios que corren entre montañas, ó cuyo fondo es de
tener y tienen en efecto, mas declive que los rios que
o llano; porque el fondo de estos se compone general-
ena.

ar, y el otro á la mayor profundidad á que realmente lia llega-
la escavacion. La elevacion y la bajada del agua producen varie-
les en la fuerza de la corriente; por lo que siempre es indispensa-
atenerse á los resultados medios.

Un torrente que entra en un rio, lleva consigo no solamente
ua, sino tambien materias estrañas; de donde resultan mudánzas
el álveo del rio. Y en virtud de lo que precede, mientras mas
queña sea la duracion de la crecida del torrente, ó mientras esta
menor, ó se verifiquen á un tiempo ambas circunstancias ó pro-
zcan su efecto á la vez, tendrá el rio ménos declive.

Cuando las materias estrañas al agua, conducidas por el torren-
lleguen á caer en el fondo del rio, necesariamente han de levan-
le; cuando cese el curso del torrente dichas materias serán tras-
tadas por la corriente del rio. Si para producir este efecto, es ne-
rio mas tiempo que el que media entre dos afluencias consecuti-
del torrente, no podrá reducirse el fondo al menor declive, que
en la fuerza del agua y la resistencia del terreno; pero este fon-
se fijará entre dos términos, uno el que corresponde á la mayor
vacion, que puede hacer el agua del rio, y el otro á la mayor
acion que puede ocasionar la materia conducida por el torrente.

El capítulo 6.º es una aplicacion de los principios precedentes á
direcciones que toman los álveos de los rios; y establece que todo
imiento es esencialmente rectilíneo, y que un móvil no se separa
sta direccion, sino cuando se ve obligado á ello por alguna cau-
esterior. Luego los rios seguirían su curso en línea recta si no
iese nada que lo impidiese; pero la desigual resistencia del ter-
, los depósitos que se forman por lo que acarréa el agua, los
culos naturales ó artificiales que el agua encuentra, producen
l fondo y en las orillas, recodos y sinuosidades de toda especie.

El arte de arreglar el curso de los rios y contenerlos en sus ál-
, supone un perfecto conocimiento de la naturaleza de las tierras
donde han de correr, y de las crecientes que pueden verificarse.
dielmini establece, acerca de este particular, algunas proposicio-
elementales sobre la direccion que debe tomar un cuerpo arroja-
obre un plano inclinado, ya se mueva por la accion sola de la
edad, ya se combine su fuerza con un movimiento de proyec-
. Pero nosotros, solo nos ceñirémos á esponer con brevedad sus
cipales resultados.

Cuando el curso de un rio rectilíneo, cuyos bordes son paralelos,
alla de todo punto establecido, no hay razon, procedente del

para que el álveo cambie de direccion ni de figura; po
s las variaciones que pueden sobrevenir dependerán d
ías. Supongamos, por ejemplo, que la seccion latitudina
lar á la corriente del agua sea un paralelógramo rectán
gura subsistirá mientras el rio permarezca en el mismo
si por alguna causa recibe materias estrañas, como po
de un torrente, la seccion mudará de figura; las orilla
comun tienen ménos resistencia que el fondo, se desga
ormará un declive de las orillas hácia el medio del álveo
se compone, de un borde al otro, de materias que resis
mente, se profundizará mas donde la materia resist
elevará por el que presente mayor tenacidad. Y repi
s incidentes en el largo curso del rio, pueden ocasiona
aciones en su direccion.

io todo cuerpo, en virtud de su gravedad, propende
posible al centro de la tierra, el agua procura siempr
a por los puntos mas bajos que se le presentan; d
que la velocidad de un rio puede aumentarse por est
omo por la de estrecharse su álveo.

gua choca impetuosamente contra un obstáculo que n
r, perderá una parte de su velocidad, y se elevará
tura, de la que volviendo á caer, se dirigirá á la orill
esto pueden resultar gorgas, remolinos y sinuosidades

que se observan en los rios, en diversas circunstancias. Sigue á paso, digámoslo así, el movimiento del agua, desde el naci-o del rio hasta su desembocadero en el mar.

n el capítulo 8.° trata particularmente de la desembocadura de o en otro ó en el mar.

i se supone un rio entre dos orillas bastante elevadas para im- las inundaciones en las campiñas vecinas, que va á entrar en ran depósito, cuyas aguas no bajen ni suban, á lo ménos sen- nente, conservará tambien la misma posicion en su desembo- a, si vierte la misma cantidad de agua que le entra; se eleva- ó vierte tanta como recibe; y en fin bajará si en la desem- ura hay una caida ó catarata. Este último caso no puede te- gar en los rios cuyos álveos son susceptibles de corrosion.

l Autor examina, por menor, segun estos principios simples, los casos que pueden acontecer cuando un rio entra en otro per- cular ú oblicuamente, y cuando desemboca en un mar sujeto ó flujo y reflujo.

n el capítulo 9.° considera la union de muchos rios, y los efec- e de ella resultan. Observa que si dos rios semejantes en to- lesembocan separadamente en el mar, la suma de sus anchos nayor que la que tendrían si corrieran juntos por una misma ; que si dos rios de esta clase llegan á unirse, es mas pro- el álveo comun que los álveos separados; que el declive de o compuesto es menor que cada uno de los declives de los rios es; que si un gran rio, que tiene poco declive, y que ha de- de arrastrar arena gruesa, llega á unirse á otro rio que la lle- erá preciso que el primero mude su curso, ó levante su álveo partes superiores. Estas proposiciones y muchas consecuencias l Autor saca de ellas, forman el fondo de la doctrina que es- e sobre este punto.

l objeto del capítulo 10 es el crecimiento y bajada de los y la proporcion en que las aguas se aumentan. No hay rio na- que no esté sujeto á crecer ó menguar en los tiempos de llu- de sequía, y por la variacion de dimensiones del álveo, que chándose ó estrechándose, disminuye ó aumenta su profundi- Las crecientes del agua que pueden sobrevenir por la superabun- del manantial ó de las partes superiores del rio, se anuncian riamente por grados. No sucede así con las que provienen de uvias, ó de las nieves derretidas; pues por lo comun crece el golpe por dichas causas. Los rios pequeños están mas su-

que los grandes á variaciones en la altura de las a
eros salen de madre con mas frecuencia y mas en prop
tros; pero en recompensa la duracion de las avenidas
os últimos. En general, hay en cada rio, tiempos de
sus grandes avenidas; pero muchas circunstancias p
esta combinacion, y hacer que se aumente ó disminu
. El arte de contener un rio en su álveo exige que
atencion el curso del agua y la naturaleza del terren
lla, que se examinen las crecientes de agua á que est
os torrentes que puede recibir, la cantidad de materias
ueden arrastrar tras sí, &c., &c.

El capítulo II contiene advertencias sobre las inunda
mpos y sobre las reglas que siguen.

Ademas de los grandes rios, hay tambien en la superf
una infinidad de arroyos que no tienen régimen cierto
, que provienen de las lluvias, y que por consiguiente
á secarse. Estos arroyos siguen la direccion que el te
te. El agua siempre busca su camino por los lugares m
ndo no se cuida de prepararles salidas, ó cuando el
á ello, el agua se acumula en lagos, ó forma pant
an algunas veces el aire. Las corrientes bien dirigidas
s, pueden servir para fertilizar las tierras y sobre todo
luego convendrá conocer los declives del terreno, pa

su nuevo curso: hallando aquí aplicacion los principios sentados por el Autor sobre el modo con que los rios forman sus álveos.

16 En el *tratado geométrico del movimiento de las aguas, por el P. Guido Grandi*, se halla el método siguiente para medir la velocidad del agua en diferentes profundidades, que no es muy conocido. Tómese una caja de hoja de lata ú otra matéria cualquiera, de figura paralelepípeda, cerrada herméticamente por todos sus lados, y teniendo en lo alto de una de las superficies verticales un pequeño agujero, que se cierra exactamente con una chapa sostenida por un resorte que se puede mover como se quiere. Hecho esto, se hunde la caja en el rio, de modo que el agujero llegue á la profundidad en que se quiere conocer la velocidad; entónces se levanta la chapa y se deja entrar el agua en la caja por un espacio de tiempo que se cuenta exactamente; se cierra el agujero, se saca la caja y se mide la cantidad de agua que contiene, ó mas sencillamente la altura del agua sobre el fondo. Se hace igual operacion para otra profundidad; y la relacion que guardan entre sí las dos cantidades de agua que resultan en la caja ó de las dos alturas, es la de las velocidades del agua en dichas profundidades.

Este método pareció muy sencillo y cómodo; mas para la exactitud de los resultados es preciso que, en uno y otro caso, el agujero se coloque muy directamente, ó al ménos de un mismo modo al curso del agua; lo que es difícil conseguir en la práctica.

17 *Memoria de Emerico Bolognini, Gobernador de mar y tierra, sobre el estado antiguo y presente de las lagunas Pontinas, y sobre los medios de secarlas.*

Las lagunas Pontinas están situadas en la campiña de Roma cerca del mar, y ocupan una estension de casi ocho leguas de largo y dos de ancho. En otros tiempos, este pais estaba cubierto de ciudades florecientes, pero como el fondo es un poco bajo y entran en él por todas partes las aguas y arenas de las montañas, ha llegado el caso de que, por la sucesion del tiempo y descuido de los hombres, han perdido las aguas sensiblemente el declive necesario para correr, y forman pantanos, cuyas exhalaciones son tan fuertes que se miran como una de las causas principales del aire mal sano que se respira en Roma en los calores del estío, aunque aquella ciudad dista cerca de catorce leguas de las lagunas Pontinas; opinion que reinaba en tiempo de Plinio. *Clodio Appio* hizo construir un camino al través de dichas lagunas, y muchos canales para procurar la corriente de las aguas, 310 años ántes de la Era Cristiana. Estos tra-

rieron un resultado mediano y pasagero. Julio Cesar f
mas vastos para desecarlas del todo; Augusto princi
en ejecucion; Trajano hizo empedrar la via Apia, y
chos puentes. Si este proyecto se hubiera continuado con
, se hubiera conseguido destruir ó á lo ménos dism
blemente el mal, que se aumentó durante la decadencia de
mano: posteriormente los Papas lo han intentado varias
s últimos tiempos Mr. *Prony* se ocupó tambien de este pro
utor de esta Memoria no solo propone los medios par
lagunas Pontinas, sinó tambien el modo de proporciona
necesarios para la ejecucion de un proyecto tan costoso.

Observaciones de Eustaquio Manfredi sobre la elev
del fondo del mar.

ospechaba hace mucho tiempo que el fondo del mar A
evantaba contínuamente. *Eustaquio Manfredi* es el pri
fundado esta opinion de una manera incontrastable, co
ones y nivelaciones que hizo en 1735 sobre muchos ant
de la ciudad de Ravena, de que hace mérito en esta Me
Concluida esta especie de digresion, debemos ahora
e la España fué acaso la primera que se ocupó de obr
elativas á la Hidráulica, tanto dentro de su territorio,
egun se acredita por las operaciones de *Antonelli* en l
y por el canal de Ambéres en los Paises Bajos; pe

suelo igualmente fértil y abundante, y de una industria igualmente perfeccionada.

22 Volviendo á tomar el hilo de los adelantamientos en la ciencia del equilibrio y movimiento de los fluidos, debemos manifestar que *Pascal* dejó entre sus papeles, al morir en 1662, dos tratditos, el uno sobre el equilibrio de los fluidos en general, y el otro sobre el peso de la masa del aire, que se imprimieron al año siguiente. Estas dos obras, aunque muy cortas, son completas en su género, y llevan el carácter del sobresaliente genio del Autor; pero nada dejó escrito sobre el movimiento de los fluidos.

23 Entre los que han tratado este último asunto, y que han puesto el teorema de Torricelli en uso, *Mariotte* merece ser nombrado con distincion. Nacido con un talento estraordinario para discurrir y ejecutar esperimentos, y habiendo tenido ocasion de hacer un gran número de ellos sobre el movimiento de las aguas en Versailles, en Chantilli, y en otros muchos parages, compuso sobre esta materia un tratado que no se imprimió hasta despues de su muerte acaecida en 1686. Se ha equivocado en algunas cosas, pero á pesar de estas imperfecciones, su obra ha sido muy útil, y ha contribuido mucho á los progresos de la Hidráulica práctica.

24 En 1687 publicó *Neuton* por la primera vez sus *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*, donde trató las mas importantes cuestiones de la Mecánica de los cuerpos terrestres y celestes. No olvidó el problema del movimiento de un fluido á la salida de un vaso, sin atenerse á la hipótesis limitada de que el orificio sea muy pequeño. Y comparando su ingeniosa teoría con la cantidad de agua que debia salir durante un cierto tiempo, *Neuton* se apresuró á concluir que *la velocidad en el orificio, no era debida sinó á la mitad de la altura total del agua superior*; pero reconoció despues que esta determinacion no se podía conciliar con las alturas á que los surtidores se elevan naturalmente. No habia notado al principio el efecto de la contraccion de la vena fluida; pero en la segunda edicion publicada en 1714, tuvo ya en consideracion este elemento; y conservando el fondo de su teoría, sustituyó únicamente en la medida de la velocidad, en vez de la superficie efectiva del orificio, la seccion de la vena contraída. Con esta correccion, la velocidad calculada se halló mas conforme con la velocidad efectiva: pero la teoría de *Neuton*, no por esto quedó ménos hipotética, precaria y inexacta en sus principios; y en efecto Juan Bernoulli manifestó que no iba del todo conforme con la esperiencia.

26 Tal era sobre poco mas ó men
nica cuando el célebre *Daniel Bernou*
algunos ensayos sobre este asunto, en l
de Petersburgo, publicó en 1738 su
esta materia con su debida extension: e
rales en virtud de observaciones jiciosa
rencia; y combinando la parte mas s
Física mas segura, trató con extraordina
tiones importantes, empleando el calculo
juntas por pompa ú ostentacion. Cualesq
que la Hidrodinámica haya hecho, desp
dera de *Daniel Bernoulli*, la posteridad
contada entre las mas sabias producciones

27 *Juan Bernoulli*, padre de *Dani*
nen tambien de la resolucion de algunos p
dinámica, siguiendo diferente rumbo que
hallaron conformes con las de este; pero a
y precarios los métodos de *Juan Bernoul*

28 Estaba reservado a *D'Alembert*
movimiento de los fluidos por un método
que nada se puede objetar. Haciendo uso
establecido el profundo Geometra *Jaurio*
un número inmenso de aplicaciones. *D'Al*
una manera muy simple, no solamente las
que le habian

29 Nuestro inmortal *don Jorge Juan* en su sapientísima obra intitulada *Exámen Marítimo teórico-práctico*, se ocupó con singular maestría de aquella parte de la teoría de los fluidos que era mas indispensable para su objeto.

30 *Euler*, á quien la naturaleza parece había destinado para estender los límites de todos los conocimientos matemáticos, dió una nueva teoría general y completa del movimiento y del equilibrio de los fluidos, en cuatro Memorias impresas entre las de la Academia de Petersburgo (Años de 1768, 1769, 1770 y 1771); teoría uniforme en los principios, fundada en las primeras leyes de la Hidrostática, y desenvuelta con aquella superioridad de ciencia analítica que caracteriza al Autor; reduciendo toda la teoría del movimiento de los fluidos á dos ecuaciones diferenciales de segundo órden.

31 Posteriormente el célebre *Lagrange* ha dado las ecuaciones fundamentales del movimiento de los fluidos, en las Memorias de la Academia de Berlin año de 1781, por los métodos sabios y nuevos que él habia puesto ya en uso, para la solucion de los problemas de Dinámica (Academia de Turin 1762). Y con los trabajos posteriores de otros Sabios, entre los que no podemos ménos de nombrar á *Mr. Navier*, á *Mr. Poisson* y á *Mr. Cauchy*, se puede asegurar que *la teoría matemática del movimiento de los fluidos es completa*; pues se tienen las ecuaciones generales para su movimiento, que son las que yo pongo al fin de la Hidrodinámica en el tomo 3.°, parte 1.ª de mi *Tratado elemental de Matemáticas*. Mas para integrar dichas ecuaciones, era preciso que la Física descubriese alguna propiedad en la composicion íntima de los fluidos, que, sometida al cálculo, simplificase dichas ecuaciones diferenciales para poderse integrar. De otro modo, si por hipótesis arbitrarias se restringiese su significado para poder efectuar la integracion, entónces perderían la ventaja de presentar los fenómenos de la naturaleza con la suficiente exactitud. Mas como la indispensable precision que hay contínuamente de aplicar el movimiento de los fluidos á las necesidades de la vida civil es tan urgente, no se puede prescindir á cada paso de tener que ocuparse de la determinacion de la cantidad del líquido que sale por una abertura propuesta, de la investigacion del movimiento de las aguas en los canales abiertos, ya por el arte, ya por la naturaleza, de la medida de las fuerzas que los fluidos ejerten por su peso ó por su choque, &c.; pues es necesario aplicarlas sin cesar á la pública utilidad. Y como los matemáticos son infatigables, siempre que se trata de alguna cuestion ventajosa al género

spues de agotar todos los recursos de la Analísis, y de
me Geometría para determinar las leyes del movimiento
s, matemáticamente considerados, y en el ínterin que la
bre la indicada ley en los fluidos que presenta la natu-
la cual se pueda conseguir *à priori* el tránsito de las le-
uidos perfectos, como los consideran los Geómetras, á los
real y verdaderamente existen, han seguido otro rumbo
uir este objeto *à posteriori* por la via de la esperiencia.
ejecucion de esta idéa tambien presenta grandes dificul-
por otra parte reune ventajas que han estimulado á
pues que los hechos multiplicados, analizados con aten-
ados con madurez, y referidos, en cuanto es posible, á
les, pueden rectificar los resultados de la teoría; y este
que carece á la verdad del rigor geométrico, puede ha-
, fácil y susceptible de adaptarse á las necesidades mas
la práctica.

este punto de vista, *Mr. Bossut* principió á hacer
nes poco tiempo despues de su instalacion de Profesor
cas en la Escuela de Ingenieros de *Mezières*. Este desti-
a la obligacion de enseñar á sus discípulos la Mecánica
s, que les era necesaria. En la escasez que entónces se
nos libros elementales sobre esta materia, dictaba á sus
gunos puntos de los mas interesantes; y habiendo agra-

rabajo en esta parte se ha reducido á coordinarlas y á demostrarlas con un órden claro, fácil y metódico.

35 Y como el principal objeto de su trabajo era la investigacion del movimiento de los fluidos, procuró desempeñar este objeto con todo el esmero que permitían sus facultades. Trató al principio de la *Hidrodinámica*, á que él llamaba *Hidráulica*, á fin de conocer los auxilios que puede prestar á la *Hidráulica* práctica, y de arreglar en su vista la eleccion de los esperimentos que debian completar su obra. Y despues de considerar la salida de los fluidos por orificios, tanto pequeños como grandes, hechos lateralmente, ó en el fondo de los depósitos ó vasos, manifiesta la necesidad de introducir un nuevo elemento, que le indicó la esperiencia, cual era, el que *se debia tener en consideracion la resistencia del rozamiento contra las orillas del orificio, ó contra las paredes de un largo tubo de conduccion ó cañería*; lo que ocasiona una pérdida mas ó ménos considerable en el producto. Esta teoría, cuyos principios ha dado á conocer este Sabio, es de la mayor importancia y trascendencia.

En seguida, manifiesta que hay tres maneras de hacer servir la accion del agua para el movimiento de las ruedas Hidráulicas; á saber, *el choque*, *el peso*, *y la reaccion del fluido*; y discute estos tres medios averiguando, en cada uno de ellos, cuando se verifica el *máximo* efecto. Despues de la Hidráulica teórica pasa á la *Hidráulica esperimental*: en la cual se ocupa ante todas cosas de manifestar las circunstancias con que se deben ejecutar los esperimentos para que conduzcan al fin que el Geómetra se propone.

36 Principia, así como lo hace en la teórica, por la salida de los fluidos por pequeños orificios; y de sus observaciones resulta que *la vena fluida, al salir por el orificio, se adelgaza y viene á formar un conoide truncado, cuya base mayor es el orificio, la menor una seccion perpendicular á la vena fluida, á una cierta distancia del orificio que se puede reputar ser su radio, y que sus dos bases guardarán aproximadamente la relacion de* 3 *á* 2.

37 Estas determinaciones no llenaron la esperanza que había concebido, por la opinion de algunos Autores, de poder concluir de ellas con una exactitud suficiente la cantidad del gasto de fluido que salía de un depósito ó vaso por un orificio; pues la esperiencia le confirmó lo contrario. En efecto, la medida de las dimensiones del conoide está sujeta á errores que deben tener una influencia mas ó ménos señalada en los gastos; porque, ademas de que nunca se puede responder de que se haya tomado bien justo el diámetro de la

..., que no permiten emplear á
como uno de los elementos de las aguas

38 Segun la teoria, *el gasto de a*
constantemente lleno, es como el produ
ficio, por el tiempo y la raiz cuadrada
suponiéndose el orificio pequeño en comp
depósito. La esperiencia le hizo ver qu
verdadera, y que se puede emplear en la
mo el que *cuando la salida se verifica po*
pared delgada, la contraccion de la vena
teórico sobre poco mas ó ménos en la rel
á 5; y cuando el fluido sale por un tubo
das de largo, y sigue las paredes de este
disminuido solamente en la relacion de 16

Mas allá de esta seccion, la columna
ma cilíndrica si su pesantez propia y la re
operasen á desnaturalizarla.

De la analísis que hace de los efectos
contraccion, deduce: *que á causa del rozan*
ficios dan ménos agua á proporcion que
mentando la altura del depósito, aumenta
hace disminuir el gasto.

39 De aquí pasa á las aguas que sale
dores, estableciendo la mejor figura de los
nales; y acerca de la mejor proporcion ...

lucir el agua desde un punto á otro que está remoto, y muchas veces separado por montañas ó valles. Y que entónces se cometerían errores frecuentemente enormes, si despues de haberse asegurado, por la nivelacion, de que el punto de partida está mas elevado que el de llegada, se fijase el diámetro del encañado, por los principios que sirven para determinar la salida de un fluido que está en un vaso ó depósito por una abertura ordinaria, despreciando la resistencia del rozamiento; pues influyendo esta en un largo espacio, retarda considerablemente la velocidad del agua. La pérdida, que esto ocasiona, puede llegar á ser mas de 20 ó 30 veces el gasto efectivo, cuando es grande la longitud del conducto, y tiene muchas sinuosidades. Los esperimentos que sobre esto ha hecho, manifiestan que, *á igualdad de circunstancias, miéntras mayor es la altura del depósito, ménos sensible es la pérdida ocasionada en el gasto de una cañería ó de un largo conducto.*

40 Despues considera el movimiento de las aguas en los canales, y luego en los rios: donde observa que las irregularidades de los lechos, madres, ó álveos de los rios hacen de tal modo variar la velocidad de un parage á otro, que en vano se pretendería someter todos estos efectos á un cálculo preciso y rigoroso. Acerca de esta materia dice ser indispensable que la Física venga necesariamente al auxilio de la Geometría; y que solo al resplandor de estas dos antorchas, entra en varios detalles sobre el movimiento del agua de los rios: terminando con la resolucion de dos útiles é importantes problemas, que tienen cierta dependencia necesaria. El primero consiste en *determinar la mudanza que sobreviene á la profundidad de un rio, cuando se hace alguna variacion en el ancho de su madre ó álveo, como por ejemplo, cuando se construye en él un puente; y el segundo en hallar la cantidad de que se hará bajar el nivel de un rio, ó en qué relacion estarán las profundidades, cuando se separe una parte del agua para el servicio de alguna máquina hidráulica.*

41 Tambien hizo esperimentos sobre la percusion ó resistencia de los fluidos. Se sabía en general, segun los asertos de los bateleros holandeses, la dificultad que habia de navegar en sus canales en tiempo de las bajas aguas; y segun algunos esperimentos de *Franklin*, estrechándose un canal, aumenta la resistencia; pero todo esto reducía solo á meras indicaciones, y no se podía sacar de ellas una ley, ni resultado susceptible de cálculo, y aplicable á las circunstancias del problema. Por otra parte, *Franklin* se ha-

necesidades del género humano, sin en
sultada por los que se dediquen á este
ménos de resultar á *Mr. Bossut* la gl
rera de un modo tan nuevo, juicioso y
cierto modo, no se le puede ni debe defr
de los esfuerzos que han sucedido á los su
no eran suficientes para atender á las n

43 En efecto, se dirigen fácilmen
queño volúmen, contenidas en vasos, d
con circunstancias en que los datos son
danzas observan una marcha regular; p
con la gran masa de aguas que corren
lechos, madres, ó álveos, desiguales en
ve; de las cuales unas corren por el fang
rocas, á diversas profundidades; las hay
cajo, ó guijo en abundancia, que están
mente de álveo, y que forman islas en ci
en otros las destruyen; corren tambien otra
circunstancias, torrentes rápidos y peligr
madre casi en seco y cubierta de despojo
gunas que parecen correr una parte del
reglado, y que, elevándose despues rápid
ordinaria, rompen los diques que se les
cultivados, y llevan la desolacion á las c

44 Bien fá

pequeño número de hombres que son superiores á su reputacion. El citado *Mr. Chezy*, trabajaba en union con *Mr. Perronet* por el año de 1775, en el proyecto del canal de l' Ivette, y quiso espresar por la observacion y el cálculo, las relaciones que existen entre la inclinacion y la longitud de un canal, la magnitud y la figura de su seccion perpendicular á la corriente, y la velocidad del agua; y obtuvo una fórmula muy simple que comprendía estas diversas variables; la cual con el auxilio de un solo esperimento, podía ser aplicable á todas las corrientes.

Como los principios establecidos en la Hidrodinámica del Abate *Bossut*, no eran suficientes en manera alguna para determinar el curso de las aguas en todas las circunstancias que presentan los rios, canales, encañados, &c., *Mr. Dubuat*, oficial de Ingenieros, despues de haber *devorado*, como él dice, la parte de dicha obra que trata del movimiento de las aguas, al instante que se publicó, trató de buscar la solucion del problema que le parecía deber ser la clave de la Hidráulica; es decir, *determinar cual es la velocidad de una corriente cuya inclinacion y álveo son conocidos*. Pero no habiéndose hecho los esperimentos, ni bastante decisivos, ni suficientemente variados y numerosos, para poder obtener su resolucion, se propuso hacer nuevos esperimentos. Y habiéndole concedido el Gobierno fondos para ello, *Mr. Dubuat* auxiliado de *Mr. Dovenhein* y de *Mr. Benezech de Saint Honoré*, tambien oficiales de Ingenieros, trabajó con mucha asiduidad sobre esta materia, haciendo gran número de importantes esperimentos en los años de 1780, 1781, 1782, y 1783: los cuales, así como una inmensidad de oportunas reflexiones y las correspondientes fórmulas en que se cifraban las leyes de los fenómenos observados, formaron el objeto de su importante obra intitulada *Principios de Hidráulica y de Pirodinámica en tres volúmenes*.

45 Como á proporcion de la importancia de un asunto, suele ser en general la diversidad de parecéres sobre el modo de dirigirle y arreglarle; y de todos los ramos de las Matemáticas Mistas no hay ninguno que presente simultáneamente mas dificultades é interés, que el movimiento de los fluidos, porque hasta ahora, ni la Física, ni la Química han dado á conocer su naturaleza de un modo sufi- para poder someter al cálculo sus propiedades, ha resultado, que aunque la obra de *Mr. Dubuat* es y será siempre sumamente ciada, particularmente por sus numerosos y útiles esperimentos, contiene hipótesis aventuradas; y á pesar de que toma en considera-

[illegible] de base á su teoría y
cuerdan con los efectos naturales que resu
que él mismo había observado; y aunqu
yo de acuerdo con *Mr. Lecreulx*, y por otra
cuidos é inexactitudes de *Mr. Dubuat*, sobr
ningun otro ha fijado hasta ahora la consid
pito, que la obra de *Mr. Dubuat* es sum
sus esperimentos deberán ser consultados p
quen á la Hidrodinámica, ó tengan por o
de sus muchas é importantes aplicaciones.

47 Sin embargo, las reglas de cálcul
aun toda la sencillez que convenía, y de que
mos deudores á *Coulomb*, del principio esp
obtiene este *máximo* de simplicidad; pues en
al Instituto por el año de 1800 sobre *espe*
determinar la cohesion de los fluídos y las
cias en los movimientos muy lentos, y que
tercer volúmen de los de la clase de ciencias
del Instituto, manifiesta por el raciocinio y la
do el movimiento de una corriente de agua
midad, la fórmula que da la relacion entre l
las diversas cantidades relativas á la inclinac
dimensiones del canal ó del tubo, solo contie
de potencia 2

de los Sábios que mas han contribuido en todos sentidos para perfeccionar esta clase de conocimientos.

49 En efecto, *Mr. Prony*, desde su entrada en la carrera de Ingeniero de puentes y calzadas de Francia, se grangeó la amistad del célebre *Perronet*; el cual adivinando los grandes talentos de que su discipulo debía dar despues tantas pruebas, le dijo en 1779: "dedicaos á profundizar los principios de vuestra profesion, porque estais destinado á llegar á ser un dia el Gefe de la Escuela de puentes y calzadas." Despues de haber ejercido sus funciones de Ingeniero en muchos puntos, *Mr. Prony* fué llamado á París por el Ministerio, á fin de ayudar á *MMrs. Perronet* y *Chezy*, demasiado avanzados en edad para poder atender á sus numerosos y difíciles trabajos. *Mr. Prony* desempeñó este encargo con tanto celo como talento desde 1783 hasta 1791. Y el haber estado todo este tiempo al lado de unos hombres tan eminentes, el haber desempeñado una inmensidad de comisiones importantes relativas á las aplicaciones de la Hidráulica en diferentes parages de la Francia é Italia, y en los confines septentrionales de la España; y por otra parte su destino de Inspector general de puentes y calzadas y de Director de la Escuela de estos ramos establecida en París, le proporcionaron la ventaja de poder reunir un conjunto de noticias y materiales importantes para la formacion de las muchas é interesantes obras y memorias que tiene publicadas. Entre ellas merecen principalmente nuestra consideracion su *Nueva Arquitectura hidráulica*, su *Mecánica filosófica* y sus *Investigaciones Físico-Matemáticas sobre la teoría de las aguas corrientes*, *que imprimió en París año de* 1804.

50 Con la publicacion de esta obra, que es la que tiene mas inmediata relacion con nuestro actual objeto, el Autor ha hecho un verdadero y muy estraordinario servicio al género humano.

51 Efectivamente, aunque la Mecánica racional, ó ciencia que somete al cálculo analítico los fenómenos del equilibrio y movimiento de los cuerpos, se hubiese adelantado mucho, sin embargo, aun no se podía sacar de sus reglas una utilidad práctica proporcionada á la escelencia de las teorías de donde dimanan; los obstáculos que á esto se oponían, eran originados por una parte de la Análisis matemática, y por otra del estado de la Física. De la Análisis, por anto no tiene siempre métodos ó procedimientos para la integracion las ecuaciones que le presenta la Mecánica; y de la Física, porque circunstancias en que solo los Físicos, ilustrados con la antorcha la esperiencia son los que pueden dar al Mecánico nociones ciertas

Físico-matemática de
principios rigorosos de la Mecánica, enr
esperiencia, y cuya aplicacion no exigies
el objeto que se propuso *Mr. Prony* en
ya manuscritas depositadas en la Escuela
muy principalmente en las espresadas *Inv*

53 En esta importantísima obra, ha
mientos mas sublimes de la Analísis, con
que hasta ahora ha dado la esperiencia pa
generales entre las longitudes, inclinacione
las secciones perpendiculares, las velocid
corrientes de agua, ya por lechos naturales
cañados; y por fin llega á presentar fórmu
ciles de aplicar en la práctica, aun po
conocimientos.

54 Para conseguir tan interesante objet
portancia á los hechos positivos que present
nima á las consideraciones sistemáticas, reca
sultados de la esperiencia, que se pueden e
miento de las bases de una teoría *Físico-M*
incomprensibles y pesados, que se mueven
conduccion y en los canales descubiertos, y s

Resultado. Un fluido, como el agu
bo ó canal de una longitud suficiente para q
su *régimen*, esto es, para que él proceda con

2.° *Resultado.* Estas resistencias se podrán comparar con las in-
ducidas en las ecuaciones de un sistema de cuerpos sólidos, en
tud de los esperimentos de *Amontons*, *Coulomb etc.* sobre el efec-
del rozamiento, que han reconocido ser proporcional sensiblemente
la presion normal; pero en virtud de otros esperimentos numero-
s y escogidos de *Dubuat*, *Dovenhein y Benezech*, parece, que en
caso de la fluidez, las resistencias que modifican el efecto de la
santez, son, en una seccion cualquiera, independientes de las pre-
nes de las moléculas comprendidas en esta seccion: resultado bien
ferente de los obtenidos sobre el movimiento de los cuerpos sólidos
sbalando los unos sobre los otros.

3. *Resultado.* Las moléculas de agua se adhieren á casi todos
cuerpos con que pueden estar en contacto, y tienen tambien en-
sí una cierta adherencia. De donde resulta, que si el agua cor-
en un tubo ó por un lecho susceptible de mojarse, una lámina,
te ó capa de fluido se une á la materia que compone este tubo
en la cual el lecho está abierto; y esta capa se puede considerar
l mismo modo como la verdadera pared que encierra la masa flui-
en movimiento. Por la misma razon, la capa que corre inmedia-
mente sobre la pared fluida, tiene una tendencia á fijarse á ella,
e retarda el movimiento natural que tendría en virtud de su pe-
ntez relativa; el retraso de esta capa inferior produce necesaria-
mente otro en la capa que le está superpuesta y así sucesivamente;
modo, que se puede considerar la masa fluida como compuesta
e una inmensidad de capas, ó cubiertas, de las que cada una está
etardada por la que le es inferior y retarda á la que tiene encima.

4.° *Resultado.* En una seccion cualquiera perpendicular al curso
e las aguas, las diversas moléculas tienen velocidades diferentes.
Hay un punto de esta seccion donde se halla el *máximo* de veloci-
dad, que en un tubo cilíndrico está en el centro de la seccion circu-
lar perpendicular al eje de la corriente, y en un canal descubierto
está en general en la superficie; y si se concibe una línea recta tira-
da desde este punto á la pared, en el plano de la seccion, las velo-
cidades de las moléculas fluidas, correspondientes á los diversos pun-
tos de esta línea, disminuyen progresivamente desde el orígen de la
línea donde se halla el *máximo* de velocidad hasta la pared.

5.° *Resultado.* Así, entre todos los filetes fluidos que atraviesan
una misma seccion, hay dos que se mueven con una velocidad *ma-
yor y menor*, respectivamente que todos los otros; en los canales
descubiertos, una de estas velocidades se llama, *velocidad en la su-*

, y la otra, *velocidad en el fondo*; y existe necesaria
ete fluido, cuya velocidad es tal, que multiplicándola
ie de la seccion perpendicular á la corriente, se tiene
gasto de dicha seccion; esta tercera velocidad, se llam
nedia; y es necesario observar que cada una de estas
aunque atribuida á un solo filete, puede sin embarg
con los de una capa ó zona de cierta estension, de que
parte dicho filete.

Resultado. En virtud de los esperimentos de *Dubu*
recer que la accion atractiva del tubo ó del lecho se
apa fluida que tapiza la pared ó que hace sus oficios
bio observador habia creido reconocer que la diversi
s en las que se verificaba el movimiento, no hacía se
variar la resistencia.

Resultado. La adhesion que tienen las moléculas de
, es tan sensible, que si se quiere elevar una de estas
e la superficie horinzontal de una masa estancada, h
no solamente su peso, sinó tambien una resistencia q
e su *adhesion ó cohesion* con las moléculas inmediatas,
e lo que los Físicos llaman *viscosidad*, y que ha sido
men de muchos observadores.

Esta *adhesion ó cohesion* de las moléculas fluidas e
las mismas moléculas á la materia de que el tubo est

tos, cuyo régimen se halla establecido y su velocidad es constante, las relaciones que existen entre la longitud, la inclinacion, la seccion perpendicular á la corriente, el perímetro de esta seccion y la velocidad, teniendo en consideracion las fuerzas retardatrices debidas al rozamiento y á la viscosidad, esta ecuacion sencilla y general:

$$gRI = g(Ri + Ir) + AV + BV^2 \quad (1).$$

57 *Mr. Prony* hace uso de algunas letras griegas en su ecuacion, que se halla en el §. 153 de sus mencionadas *Investigaciones*; pero como nuestro objeto es presentar cuanto vamos á esponer del modo mas sencillo, á fin de que esté al alcance del mayor número posible de personas, hemos reemplazado con letras análogas de nuestro alfabeto las que *Mr. Prony* había tomado del Griego; y con el objeto de que desde luego se adquieran idéas exactas sobre este particular, vamos á manifestar con toda claridad y sencillez, lo que espresa cada una de las letras en la precedente ecuacion.

58 La g representa la fuerza aceleratriz de la gravedad, esto es, la velocidad que adquiere un cuerpo pesado al cabo de un segundo de tiempo de caida en el vacío, que *Mr. Prony* supone ser 9^{metros},808795, y que en Madrid es 35,0961 pies españoles segun verémos (§ 5 lib. 3.° 1.er ej.).

59 La R espresa lo que se llama *radio medio de la seccion*, que es igual á la superficie de la seccion que forma el líquido cuando se le da un corte al canal ó rio perpendicularmente á la direccion de la corriente, dividida por la parte del perímetro de esta seccion que está en contacto con la masa fluida. De manera, que si espresamos por s la superficie de la seccion, y por p el perímetro mojado de esta, será $R = \frac{s}{p}$ (2).

Para aclarar esto, supongamos que LM (fig. 3) represente un canal cualquiera, por donde corra un líquido ó un fluido; si por un punto cualquiera concebimos un plano vertical, que sea perpendicular á la direccion de su corriente, y suponemos que la seccion del canal esté representada por $c\ k\ l\ f$ (fig. 4), resulta que lo que acabamos de llamar s representa la superficie $k\ l\ n\ m$, que ocupa el agua en la seccion del canal; y p representa la parte $m\ k\ l\ n$ del perímetro de la seccion, que está mojado por el líquido ó que está en contacto con él; por manera que p es igual con el conjunto de las tres líneas $m\ k$, kl y ln, y se tendrá:

$\frac{s}{p}$ = $\frac{\text{sup.}^{e}\ mkln}{mk+kl+ln}$.

+kl+ln; s=superficie mkln; y R=

Con el fin de ilustrar este punto, resolverémos ejemplo
, eligiendo al mismo tiempo los que deban tener mas a
rácticas; á cuyo efecto, observarémos que *cuando para*
agua se hace uso de un acueducto de albañileria, la
mas conviene por lo general, es la de un rectángu
iere al mismo tiempo disminuir todo lo posible el efe
a retardatriz que opone el rozamiento y la viscosidad &
la forma debe ser tal, que la seccion del fluido
epresente un rectángulo, que sea un semicuadrado,
a del agua sea la mitad del ancho de la base *.
endido esto, supongamos que kl=6 pies y km=3;
a superficie klnm será *igual con* 6 *multiplicado por* 3
luego tendrémos s=18, que son pies superficiales; la pa
on del canal, que está en contacto con el fluido, se co
res líneas kl, que vale 6 pies, y km, y ln que cada
le 3 pies; luego las tres juntas valdrán 6+3+3=12
longitudinales; luego será p=12 pies. De donde resul

$=\frac{18}{12}=1,5=1\frac{1}{2}$; lo que quiere decir, que *el radio medio* c

concilia mas todas las circunstancias que se requieren *para la permanencia del canal, sin que sus paredes se derriben, que las fuerzas retardatrices tengan el menor influjo, y que al mismo tiempo se ejecute con mas economía y dé paso á mayor cantidad de agua*, es aquella en que *la superficie de la seccion, que ocupa el agua, sea un trapécio cuya base ó lado inferior sea los dos tercios de la altura del agua en el canal, ó lo que es lo mismo, la altura del agua en el canal equivalga á tres medios, ó vez y media la espresada base inferior, y que la base superior sea igual á cinco veces la base inferior*; lo que hará, que el talud ó escarpa que formen las paredes del canal, tengan *cuatro partes de base por tres de altura*; con lo cual resulta mas sólido y permanente que el que se reputa mejor por algunos, de *ser la base del talud igual con la altura, ó de formar la pared del canal un ángulo de 45 grados con la base*; lo que no es suficiente en un gran número de circunstancias. Y así, la figura que mas conviene en general, es la que esté arreglada por el tipo de la (fig. 5), en que $BL=\frac{2}{3}BE$, y $AC=5BE$; de donde resulta $AB=\frac{5}{3}BE$ *. Luego si suponemos que $BE=4$ pies, se-

* En efecto, si las tierras tuviesen la competente resistencia, entre todos los trapecios que, á igualdad de perímetro, y por consiguiente que opondrían igual resistencia, el que daría paso á mayor cantidad de fluido, sería el que fuese la mitad de un exágono regular, por la razon dada en la nota anterior; pero el ángulo que formarían las paredes con la base siendo de 60 grados, son muy pocas las tierras que se podrían sostener con un declive tan fuerte; pues aun el declive de 45°, en que la base es igual con la altura, que conviene al declive natural de muchas tierras, es pequeño en este caso; porque, como en el lecho de los canales y de los rios, la tenacidad de la tierra no solo debe ser suficiente para sostenerse sin rodar al fondo, sinó que deben resistir tambien á la fuerza de la corriente, la esperiencia tiene demostrado que para que resistan en general á estas fuerzas, conviene que el talud de las tierras sea de cuatro partes de base por tres de altura; y cuando la seccion tenga las dimensiones que se espresan en el texto, no solo se concilia esta circunstancia del talud, sinó que *pasa por él la misma cantidad de fluido que si la seccion fuese un semicuadrado de igual superficie y perímetro.*

Para demostrarlo, observarémos que siendo $AC=5BE$, si quitamos $BE=LM$, por lados opuestos de paralelógramos, quedará $AL+MC=4BE$; y como AL y MC son iguales por la igualdad de los triángulos ALB y EMC, resultará que $LA=2BE$, $MC=2BE$; y como AL y MC son iguales con HB y EG por lados opuestos de paralelógramos, se tendrá $HB=2BE$, y $EG=2BE$; y como $AH=BL=\frac{2}{3}BE$, y $CG=EM=BL=\frac{2}{3}BE$,

tendrémos $HB : HA :: 2BE : \frac{4}{3}BE :: 4BE : 3BE :: 4:3$;

$$EG : CG :: 2BE : \frac{4}{3}BE :: 4BE : 3BE :: 4 : 3;$$

es los taludes están con sus alturas en la razon de 4 á 3.

Si por los puntos m y n, medios de los lados AB y EC, tiramos las FD, KI perpendiculares á la HG, dividirán á las AL, HB y MC, EG tam-

p=ABEC=AB+BE+EC=10+4 [illegible], así como
tudinales, y dividiendo 72 por 24,
el valor R=$\frac{72}{24}$=3 *pies longitudinale*

62 La figura, que presentan lo
donde corren los torrentes, y que se
petuosidad de las aguas, cuando el t
muy poco generalmente de la figura tra

63 La figura del lecho, madre
poco enteramente casual: pues tiene
saria con la tenacidad del terreno en
lecho, madre o alveo, y con la veloci
Sobre este particular no hay tantos esp
mi concepto, si se hicieran en suficiente
tional, teniendo en consideracion la nat
para a encontrar la forma de la curv
sección del alveo de un rio en cada es

---

hora en dos partes iguales, y en triangulos
Bal con hac: luego si de la superficie del
triangulos Aaf, hac, y en su lugar añad
tive de dicha superficie sea igual a la del
Ahora, por ser BE=[illegible] y AB=[illegible]
AB=[illegible]
como EB=[illegible], y EB=EF=EF, resulta
[illegible] iguales a una [illegible]
por lo mismo [illegible]

ner aquí las dos secciones, que encontré, de los rios Jara-
adalix cuando, en virtud de Real órden, practiqué en el año
una nivelacion, con el objeto de averiguar si era posible
el proyecto de conducir aguas á Madrid; y determinaré tam-
adio medio correspondiente á estas secciones: esperando que
nas, que se ocupen de las aplicaciones de Hidráulica, eje-
otras operaciones análogas, y de este modo se llegará á per-
este importante ramo.

En efecto, el dia 31 de julio de 1819, para determinar
ad de agua que llevaba el *Jarama*, reunido ya con el *Lo-*
gí un parage un poco mas abajo de la casa del guarda-An-
rtinez, en que había una parte del álveo del rio en línea
cuya longitud era de 150 pies.

érmino medio, que resultó de tres esperimentos, fué que el
andubo la espresada distancia de 150 pies en 34 $\frac{2}{3}$ segun-
ncho del rio era de 27 pies, y la seccion resultó igual con
), cuya superficie determinada por el método espuesto (§ 518
I. T. E.), pero en escala 5 veces mayor, se halló ser de
pies superficiales; y el perímetro mojado de 27,887 pies
nales; y dividiendo la superficie de la seccion por el perímetro
resulta que *el radio medio* del *Jarama*, en el parage ci-
de 1,467 pies, ó lo que es lo mismo 1 *pie*, 5 *pulga-*
líneas.

Respecto del *Guadalix*, el dia 2 de agosto del espresado
819, elegí un parage donde el álveo seguía casi una línea
19 pies; y de 4 esperimentos resultó, que el nadador andubo
ada distancia de 19 pies en 10,25 segundos.

ncho del rio era de 9 pies, y la seccion, que está represen-
7), resultó contener 3,126 pies superficiales; el perime-
do era de 9,228 pies longitudinales; luego si dividimos los
e la seccion por 9,228, resulta que *el radio medio* era de
de pie, *que hacen 4 pulgadas*.

Tambien se debería ejecutar lo mismo con los canales; pues
servado que un canal, cuya seccion es un trapecio, no sub-
ella mucho tiempo, sinó que tanto por las moléculas de tierra
esprenden de sus orillas, como por el depósito de fango que
las aguas, resulta que los ángulos inferiores se redondéan,
metro de la seccion es una verdadera curva. He tomado el
e marzo de 1818 la figura de esta curva con la mayor exac-
rovechándome de una ocasion en que se trataba de limpiar

dio del espresado canal de Manzanares, ficie de la seccion que ocupaba el agua, y el perímetro mojado 67 pies longitudi vidiendo 333 por 67, que el radio medio

67 Volviendo á continuar la esplicac letras de la (ec. 1), debemos decir, que declive ó pendiente que tiene el canal ó la (fig. 3) tiramos por M la línea horizon á encontrar á la vertical LN tirada por el presenta la relacion que tiene la LN con

$I = \frac{LN}{LM}$, ó espresando LN por H, y LM p

$I = \frac{H}{L}$ (3). El valor de I es el seno del ángu lo esplicado (§ 464 Esc. I de C) se tiene L que da sen. $LMN = \frac{LN}{LM}$. Esta inclinacion mide no precisamente tirando la horizont tremos del canal, sinó por dos puntos cu

y m; pues el triángulo dmn dará, del mism

ral, *que la pendiente, inclinacion ó declive de un canal ó de rio, es la relacion que tiene el desnivel de dos puntos cualquiera del lecho, ó mas bien de la superficie del agua, con la e de longitud del lecho comprendida entre dichos dos puntos.* Para que el agua corra, es indispensable que el lecho tenga una a inclinacion; ó si el lecho es horizontal, es preciso que el agua a de un depósito que esté mas alto que él, ó al ménos que el ge donde termina el lecho; pues sin el concurso de alguna de dos circunstancias, el agua estaría en reposo, formando una sucie horizontal.

8 Pero puede suceder que la inclinacion sea tan pequeña, que erza de la gravedad relativa, que debería obligar á correr al agua, a suficiente para vencer la resistencia que ofrece el rozamiento y scosidad, y este límite de la menor inclinacion que puede tener nal ó un rio, para que las aguas tengan algun movimiento sen-, es lo que representa la letra *i* en la mencionada ecuacion (1).

9 Aunque el lecho, madre ó álveo de un rio ó de un canal una inclinacion sensible, puede suceder tambien que sea de tal estrecho, que la masa de agua que pueda pasar por él sea tan ña, que no tenga suficiente fuerza para vencer la resistencia que el rozamiento y la viscosidad; en este caso el *radio medio* será mente pequeño; y *r* en la citada (ec. 1) espresa el límite, s, el menor valor que puede tener el *radio medio* de la seccion de nal ó de un rio para que las aguas tengan un movimiento sensible.

10 Las letras A y B representan cantidades constantes, que se determinar por la esperiencia; y V representa la *velocidad me-* e la corriente, cuya esplicacion hemos dado (5.° resultado § 54).

Segun los esperimentos de *Mr. Dubuat* (Princ. de Hidr. § 53) a que el valor de $i=\frac{1}{500000}=0,000002$; y el valor de r se pue-putar igual con 0,0003 de metro=0,001 de pie español; por ll resulta que las dos partes Ri, Ir que componen el segun-ctor del primer término del segundo miembro de la espresada on (1) siendo muy pequeñas, todo el mencionado término será pequeño en comparacion de los demas; por lo que no resultará a error sensible en la práctica, si, prescindiendo del espresado r término, se hallan los valores de A y B por buenos esperi-s, hechos con el mayor esmero, sobre el movimiento del agua.

Esto es lo que ha ejecutado *Mr. Prony*; pues omitiendo di-rimer término del segundo miembro, establece como ecuacion nental para el movimiento del agua en los canales descu-

, esmero y exactitud; y est:
puntos mas capitales de las investigacio
sultados pondrémos en el libro 3.°, al c
mula todas las trasformaciones que co
con éxito feliz en cualquiera de los punto
sea de la Península ó ya de Ultramar.

73 Para el caso en que el agua pas
ductos, saca tambien *Mr. Prony* una ec
yo segundo miembro contiene tres térmi
que no contiene á la velocidad, es de ta
sensiblemente en la práctica; por lo cua
por ecuacion fundamental, la $\frac{1}{4}Dgj=AV-$

74 En la cual, g representa del mi
gravedad; D espresa el diámetro del tubo,
espresa aquí el *radio medio* del tubo, que
bíamos espresado por R; y en los tubos es
te del diámetro por la siguiente razon.
á la superficie de la seccion que forma
por el perímetro mojado de la seccion.
seccion es un *circulo*, *cuya superficie es*
cia multiplicada por la mitad del radio,
tro; el perímetro mojado en este caso *e*
luego si dicha superficie la dividimos
drá el

vel $KH=QO$, que hay entre el centro del tubo por donde sale el gua en K y el centro del mismo tubo por donde entra el agua en O, ividida por la longitud de todo el tubo estendido en línea recta; ie, espresando esta longitud por L, y KH por H, resultará que en te caso $j=\frac{H}{L}$.

76 Si el tubo fuese enteramente recto, el declive entre sus dos antos estremos sería igual á la relacion que tuviese el desnivel entre ros dos puntos cualesquiera con la parte del tubo interceptada entre chos puntos; pero si tiene sinuosidades, en cualquier sentido que a, lo que espresa el declive j debe ser la relacion ó el cociente que sulte de dividir el *desnivel entre los dos puntos estremos de en-zda y salida del agua por la longitud de todo el tubo, conside-do estendido en línea recta.*

77 Pero aquí puede suceder que el estremo O, (fig. 10) del tubo iba el agua de un depósito MP que la contenga á una cierta al-a NP sobre el centro del mismo tubo; y tambien que el otro es-mo K del tubo vaya á parar á un depósito FD que contenga agua sta una determinada altura GD por encima del centro K del tubo.

En este caso, la diferencia entre el nivel del agua en el punto donde esta entra, y el punto por donde sale, se halla espresada ctivamente por la línea CH; la cual es igual con $BH-CB$ ó con H ménos CK mas KB.

Por lo que, si espresamos por H la línea BK que representa la erencia de nivel entre los centros O y K de los orificios estremos entrada y salida del tubo OSK; por C la altura $NP=BH$ de carga sobre el orificio O de entrada, y por c la altura KC de la ga sobre el orificio K de salida, la cantidad que, en los ca-les descubiertos hemos representado (67) por I, aquí lo estará $j=\frac{H+C-c}{L}$.

78 Las letras A y B de la ecuacion (3) son cantidades constan-, que se deben tambien determinar por la esperiencia; pero tienen ferentes valores que las A y B de la ecuacion (1); y la V espresa del mismo modo que allá, la *velocidad media* del agua ó del que se considere.

Por lo que, toda la dificultad consiste ya en determinar los ores de A y de B, en virtud de un competente número de esperi-

tos, que es lo que ha hecho *Mr. Prony*: cuyos valores
conocer en el libro siguiente, cuando demos á la fór-
ada las trasformaciones convenientes para que se pueda
alquier punto del territorio español en ambos mundos.

. *Prony*, con el fin de hacer mas palpable el método de
alido, representa *gráficamente* por medio de las figuras
ámina 2) los resultados de la Análisis, de que ha usado
leterminaciones, en virtud de la teoría rigorosa del mo-
los fluidos combinada con la esperiencia. Para lo cual,
a ecuacion (2) por V, obtiene $\frac{gRI}{V}=A+BV$; y bajo es-
toma por abscisas los valores V de la *velocidad media*,
a esperiencia y referidos á una escala de $\frac{1}{4}$ de metro por
s ordenadas representan los valores de $\frac{gRI}{V}$, dados tan-
esperiencia, pero referidos á una escala cien veces m
otra.

polígono *fstxe* (fig. 11) representa los resultados de la e
los canales descubiertos; y la línea recta *bd* manifiesta
gulares de incremento que rectifican las anomalías de lo
orrespondientes á los polígonos; y pues que los vértices

ciembre de 1819 una Memoria *sobre los remolinos y sobre la propagacion de las ondas*, en la cual tubo que tomar en consideracion todos los elementos que determinan el movimiento del agua en un canal de figura y de inclinacion dadas, cuya corriente ha llegado á un estado permanente. Este Sábio ha hecho por sí varios esperimentos, los cuales están acordes con los resultados que dá la fórmula de *Mr. Eytelwein*. Y la siguiente carta corrobora la conformidad de la teoría de *Mr. Eytelwein* con las mejores observaciones acerca del curso de los grandes rios.

"*Estracto de una carta de Mr. Bidone Profesor en la Universidad de Turin, escrita á Mr. Hachette.*

Turin 13 de agosto de 1823.

Me escribís que vos y *Mr. Lacroix* habeis hecho traducir la Memoria de *Mr. Eytelwein*, que tiene por título (en aleman) *Investigaciones sobre el movimiento del agua*, &c., impresa en el tomo de la Academia de Berlin, año de 1814 y 15. Haceis una cosa verdaderamente útil é importante, para los progresos de la Hidráulica teórica y práctica. V. sabrá sin duda que *Mr. Eytelwein* en el tomo de la misma Academia correspondiente á 1818 y 19 (impreso en 1820), ha dado la continuacion de sus *Investigaciones*, &c.; pues yo voy á deciros lo que acaso no sabreis sobre este particular, por la dificultad de las comunicaciones, y es, que cuando yo he tenido conocimiento de la Memoria de *Mr. Eytelwein* la he traducido para mi uso particular; y habiéndolo escrito á *Mr. Venturoli*, Profesor de Hidráulica en Bolonia, y que ahora preside en Roma la Escuela de puentes y calzadas, este me ha rogado que le envie mi traduccion, lo que yo he verificado gustoso. El ha encontrado la fórmula de *Mr. Eytelwein* tan acorde con el considerable número de esperimentos que *Mr. Eytelwein* mismo refiere, que *Mr. Venturoli* ha hecho de ella un estracto en italiano, y lo ha publicado el año anterior, en una obrita de mucha importancia que tiene por título, *Ricerche Geometriche et Idrometriche fatte nella Scuola degli ingegneri pontifici d'acque e strade l'anno 1821. Milano 1822, per Paolo Emilio Giuffi* *. En el estracto hecho por *Mr. Venturoli*, se han añadido entre otras cosas, los

* En el capítulo 9.° del libro 3.° insertamos la parte mas esencial de esta obra.

manifestaban
una nueva impresion; y no permitiendo la
torias ocupaciones de *Mr. Prony*, llevar
convenía una segunda edicion mas complet
cias de varias personas ilustradas en esta
la inmensidad de canales, cuyos trabajos es
timian en Francia, se resolvió en 1825 a
te cinco tablas de las contenidas en las men
bajo el título de *Coleccion de cinco tablas*
siar los cálculos de las fórmulas relativ
aguas en los canales descubiertos y tubo
ñados: 2.° *para presentar los resultados*
esperimentos empleados para el plantéo
impresion, habiéndose hecho por cuenta del
Ingenieros de Puentes y Calzadas, y por lo
venta, *Mr. Prony* tuvo la bondad de facilit

85 La primera de estas cinco tablas ti
tar los cálculos que se dirigen á fijar las r
cidad del agua en un canal ó en un tubo,
clinaciones, la seccion del canal, y su perím
tubo y las cargas de agua sobre sus drificio
los valores de *RI*, esto es, del producto del r
clinacion ó declive, calculados para los canale
Mr. Estelm

Escuela de puentes y calzadas de los Estados Romanos; en
uales los declives ó inclinaciones abrazan desde
$003=\frac{3}{100000}=\frac{1}{33333}$ hasta cerca de $0,02=\frac{1}{50}$; las velocidades me-
por segundo, desde 0,124 de metro, que equivalen á unas 4 pul-
españolas, hasta 2,42 metros, que equivalen á unos 9 pies espa-
; y las superficies de las secciones desde 0,014 de metro cuadrado,
quivalen á unas 28 pulgadas cuadradas españolas, hasta 3734 me-
uadrados, que equivalen á 48095 pies españoles cuadrados.

La tabla tercera manifiesta los resultados de cincuenta y un
mentos hechos por *Couplet*, *Bossut y Dubuat*, sobre el movi-
o de las aguas en tubos cilíndricos, y los de las fórmulas de-
as de la teoría de los fluidos, combinada con estos mismos espe-
tos, para servir á la determinacion de las relaciones que existen
la longitud de un tubo, su inclinacion, su diámetro, las cargas
ua sobre sus dos estremos y la velocidad del agua en el tubo:
do en consideracion la viscosidad y la resistencia del rozamien-
s tubos, de que se ha hecho uso en los esperimentos, tenían
1 pulgada hasta 18 de diámetro, y desde 3 metros, que equi-
á 10,8 pies españoles, hasta 2280 metros, que equivalen á
pies españoles de longitud, variando las cargas de agua sobre
ficio de salida desde 0,004 de metro, que equivalen á 2 líneas
olas, hasta 4 metros, que equivalen á 14 pies españoles.

La tabla cuarta dá las velocidades medias correspondientes
velocidades en la superficie y recíprocamente, desde 0,01 de
hasta 3 metros, esto es, desde unas cinco líneas españolas
mas de diez pies y medio españoles.

Y por último, la tabla quinta contiene los resultados de la
iencia y los del cálculo para la verificacion de una fórmula que
velocidad media de una corriente de agua por la velocidad en
perficie, y al contrario, teniendo en consideracion, conforme lo
an las observaciones, la variacion que sufren las relaciones de
dos velocidades á medida que aumentan: siendo 17 los esperi-
tos de que se ha servido.

Los resultados, fórmulas, reglas y observaciones que contiene es-
brita son de la mayor importancia; pues van conformes con to-
los esperimentos de que se tiene noticia, y con los trabajos de
Eytelwein. Al concluir esta matéria, dice *Mr. Prony* pág. 26;
añadiré que los resultados de los cálculos de velocidad que se
ienen, ya por medio de la tabla primera, ya empleando la fór-
la (que hemos señalado (§ 72) por (4)), merecen mas confianza

e se dedujesen de la consideracion aislada de esperimento
casos que se aproximasen al que se quisiese tratar, e
que la fórmula y la tabla se han planteado en virtud de
los esperimentos, por métodos que regularizan este mis
o y corrigen las anomalías individuales; si, no obstant
práctico, por el conocimiento de la forma y magnitud d
del canal y su declive, quisiese calcular el producto ó l
apoyándose inmediatamente en dos ó tres datos de hecho
en consideracion las correcciones de estos datos por
n con un sistema de otras observaciones, sería necesar
nente que conociese el elemento de cálculo que coloca
e se encuentra, ó entre los que suministran los datos,
ntre los que mas se le acercan. Este elemento de cálcu
magnitud de la seccion, ni su perímetro, ni el declive
s aisladamente, sinó que se compone de los tres; pues
roducto de la seccion por el declive, dividido por el pe
decir, la cantidad designada por *RI* *. Todas las obser
cidas conducen á probar que esta cantidad crece ó decre
iempo que la velocidad; esta es una verdad de *hecho*,
de toda consideracion analítica; no hay ninguna otra
as sólidamente comprobada; y sí, en casos raros, par
osa, estos casos se refieren á esperimentos estrémame
s, en los cuales el mas ligero error invierte en apari

ovimiento de las aguas corrientes, ha generalizado algun tanto
estion, determinando la fórmula que se aplica al movimiento
plemente *permanente* de las aguas.

La distincion entre el *régimen uniforme*, y el *régimen* simplemen-
ermanente, no se había establecido bien todavía; y se debe á
Ingeniero haber dado este paso mas, en esta parte de la ciencia
ulica esplicándose para darle á conocer en estos términos.

"Imaginemos un canal de una longitud cualquiera, cuyas pare-
ean inmóviles é inalterables por la corriente, que podrá en ellas
blecerse; supongamos que su declive y su perfil trasversal va-
segun una ley cualquiera, con tal que de ella no resulten en las
des mudanzas repentinas de direccion que puedan ocasionar re-
os ú ondulaciones en el agua que pase por ellas; concibamos
n, que esté alimentado este canal, en uno de sus estremos, por
fuente ó manantial, que suministre un producto constante por
do, y ofrezca en el otro estremo un modo fijo de evacuacion,
jemplo, una desembocadura en un depósito de nivel invariable,
desagüe de superficie, ó bien aun una catarata de fondo ente-
nte libre por el lado inferior. Despues de trascurrido algun
o, contando desde la primera introduccion del agua en el ca-
se establecerá en toda su estension, una corriente, de que ca-
seccion trasversal gastará, por segundo, precisamente la misma
dad de agua que suministra el manantial. Desde entónces, la
ficie de la corriente de agua conservará una posicion invaria-
de manera, que en cualquier instante, que se tome una seccion
a corriente, por un mismo plano fijo cualquiera, esta seccion
siempre la misma. Este estado del curso de agua se llama
men permanente.

"Él tiene por sola condicion, que la corriente se pueda descom-
r en filetes fluidos invariables de forma y de posicion, gastando
olúmen de agua constante durante la unidad de tiempo; pero
seccion, y por consiguiente la velocidad, pueden ser variables
n punto á otro de un mismo filete.

"Si se añade, ademas, la condicion de que la velocidad, y la
n de cada filete en particular sean constantes, el régimen viene
entónces *uniforme*."

r. *Genieys* ha publicado en 1829 una obra muy apreciable
do: *Ensayo sobre los medios de conducir, elevar y distri-*
aguas; y despues de dar á conocer lo que *Mr. Belanger*
régimen permanente, añade: "En el caso en que el declive

91 La fuerza de la gravedad varía (V. § 162 del tomo 3.º rte 1.ª del Tratado elemental) segun la latitud y altura de los pa- ges sobre el nivel del mar; la única causa que produce el movi- ento de las aguas es la gravedad; y sin embargo, hasta ahora en guno de los esperimentos se ha tomado en consideracion, y aun algunos se ha tomado con inexactitud. En efecto, *Mr. Bossut* o sus esperimentos en Mezières, que estando segun él dice *grado edio* mas al norte que París, la fuerza de la gravedad debe mayor que en dicha capital, y sin embargo, él toma el valor de avedad en París. Por otra parte, Mezières debe hallarse mas alto París respecto del nivel del mar; por lo que, bajo este aspecto, la a de la gravedad debía ser menor; luego aquí los dos descuidos de *Bossut* respecto de la gravedad, influyen el uno en sentido opuesto el otro, y pueden compensarse en todo ó en parte. Hay ademas descuido en los citados esperimentos. Dice el mismo *Mr. Bossut* 481 de su Hidrodinámica), *que la medida del tiempo la tomó as frecuentemente por el péndulo simple de segundos; y que ue la longitud que él le dió conviene al paralelo de París, e puede emplear tambien en Mezières.* Yo estoy de acuerdo *Mr. Bossut* en que, para una observacion aislada, nada im- aría el hacer una observacion en Mezières con el mismo péndulo corresponde á la latitud de París; mas para una serie de espe- ntos que han de ser la base fundamental de una teoría, y ue se opera haciendo los esperimentos en chico para sacar conse- cias y fórmulas que se puedan aplicar en grande, se debía haber edido con la mayor escrupulosidad y exactitud, hasta teniendo en deracion la dilatacion del péndulo por el calor, &c.

a .. *Mr. Dubuat* supone desde la pág. 6 del primer tomo de su , que $2g$, esto es, el duplo de la velocidad adquirida por un o al fin del primer segundo de su caida, es 724 pulgadas zas; por lo que resulta para la fuerza de la gravedad 362 das francesas, que equivalen á 30,166 pies franceses. La fuerza gravedad en París es 30,196 pies franceses. Luego *Dubuat* to- r fuerza de la gravedad un valor menor que el que se le su- en París. Gran parte de los esperimentos los hizo en el rio a, el cual está mas al norte de París, y mas bajo que dicha ca- respecto del nivel del mar; luego *Mr. Dubuat* cometió un gran do en esta parte, pues tomó por fuerza de la gravedad una lad menor que la de París, cuando debía ser mayor por las espresadas razones. A esto se dice ordinariamente que la varia-

na fuerza es insensible, lo cual no es tan exacto co-
ne.

o, á la latitud de París, segun la tabla del (§ 48 de mi
de Mecánica práctica), un grado de diferencia en la la-
e cerca de tres milésimas de pie español de diferencia en
la gravedad en un segundo, lo cual equivale á cerca de
española; y media línea es un espacio que se distin-
n á la simple vista; y por consiguiente su influjo puede
nsible; y aunque no lo fuera en un segundo, lo sería ya
, que se compone de 3600 segundos, y mucho mas en
un mes, en un año, en un siglo, &c., &c.

solo por un grado de diferencia en la latitud; pero si
a circunstancia de ser muchos los grados, y ademas el
altura sobre el nivel del mar, se deduce que *de no aten-*
variaciones de la fuerza de la gravedad, pueden se-
actitudes de la importancia mas trascendental.

esperimentos de *Brünings* se han hecho en el *Rhin*, el
Issel; los de *Volttman*, en los canales de desecacion cer-
aven y Ritzebuttel; y los de *Funk* en el *Weser*, parages
la gravedad debe ser muy diferente de la de París, por
nes espresadas; y sin embargo *Mr. Eytelwein* toma por
gravedad la que se verifica en París. Y aunque él da
alidad á sus fórmulas, pues dice: "La velocidad media
la medida de un pais cualquiera es pues

spensado mientras he permanecido en París, me parece que su posicion solo se podrá considerar como verdadera en aquella parte la Francia que no es montuosa; la cual viene á tener por centro París; y en ella las variaciones de la fuerza de la gravedad, no n demasiado grandes; pero de ninguna manera, se pueden consirar sus tablas aplicables á todos los paises, y con especialidad á España: por lo cual, en el ínterin que en nuestro territorio se cen esperimentos directos, teniendo yo en consideracion las fórulas de *Mr. Prony* y de *Mr. Eytelwein*, les doy las trasformanes convenientes hasta presentar una que se pueda aplicar á cualier punto de la Tierra.

95 El no haberse tenido en consideracion la temperatura del ua en los esperimentos, debe ser otro orígen de inexactitud en los ultados; porque la viscosidad de los fluidos no puede ménos de er una cierta relacion con su densidad; y como esta varía con la nperatura, los resultados de los esperimentos hechos cuando el ua esté cerca del término de su mayor densidad, que es á unos ntro grados del termómetro centígrado, deben ser muy diferentes los que se obtengan cuando el agua tenga veinte, treinta ó mas ados de calor.

96 El no haberse tenido en consideracion el estado de la atmósra, puede originar inexactitudes mas considerables de lo que se e. Cuando el viento da sobre una gran superficie de agua estanda, ó en equilibrio, él por sí solo produce una cierta agitacion y obliga á formar oleadas, que se presentan á la vista, y son as ó ménos grandes segun la magnitud del depósito y fuerza del ento. Cuando el agua está en movimiento, si el viento sopla en la reccion de la corriente, aumenta la velocidad; y si en direccion ntraria, la disminuye; lo cual se verifica de un modo muy sensi-. Este influjo varía con la presion del aire, su elasticidad y aun n el grado de humedad que pueda contener; por lo cual, al ejecur estos esperimentos, se debería tener en consideracion tambien el rómetro, higrómetro, y anemómetro.

97 A estas omisiones se deben atribuir gran parte de las anoalías de consideracion, que se notan en lo que el mismo *Dubuat* presa. En efecto, dicho Autor dice (§ 53) "Así, se podría creer e la menor inclinacion que se podría dar á un canal, para que la locidad fuese perceptible en él, sería $\frac{1}{500000}$, duplicando la preceden-, lo que vendría á ser aproximadamente $\frac{1}{6}$ de línea por 100 toes. Se ve por esto el crédito que merecen los principios en virtud de

los cuales algunos Hidráulicos han fijado la inclinacion de que hablamos, en $\frac{1}{7200}$ ó en una pulgada por 100 toesas y aun mas; si nuestra teoría no les obliga á mudar de opinion, ellos no podrán ménos de ceder á la evidencia de nuestros esperimentos, en los cuales nosotros nos hemos asegurado de que el agua tenía 6 pulgadas de velocidad en nuestro canal facticio, fijado en una inclinacion de $\frac{1}{9288}$; 7 pulgadas de velocidad en un canal de desecamiento, cerca de Condé, cuya inclinacion era de $\frac{1}{27000}$; y en fin 10 pulgadas de velocidad en el rio Hayne, con una inclinacion de $\frac{1}{32000}$."

"No se puede raciocinar contra hechos; pero es necesario sin embargo, confesar que es muy difícil el fijar algo de positivo sobre este punto."

98 De estos esperimentos resulta que la *velocidad de las aguas ha sido mayor cuando la inclinacion era menor*; y debiendo verificarse lo contrario, no puede ménos de provenir este error de no haber atendido á las tres circunstancias esenciales, que acabamos de manifestar han desatendido todos los Observadores.

99 Ademas, por las observaciones que yo tengo hechas, tanto dentro de España, como en Francia, Inglaterra y Holanda, la viscosidad del agua debe variar tambien, en mi concepto, por la naturaleza del manantial que la produce ó depósito de donde provenga, y de un modo independiente de la densidad; por lo que sería de desear que los Físicos, Químicos y Matemáticos dirigiesen todos sus conatos para hacer indagaciones sobre este asunto.

100 Por todos estos motivos, y mientras que en España se hacen esperimentos y observaciones sobre tan importante materia, las fórmulas que presentaré en el libro siguiente, contendrán la mayor exactitud de que son susceptibles en el estado actual de la ciencia, pues tomaré una fórmula media entre las de *Mr. Prony* y *Mr. Eytelwein* para cuando el agua corre á cielo descubierto, y dejando indeterminada la fuerza de la gravedad, manifestaré el modo de hacer aplicaciones de ella en cualquier punto del Globo, y presentaré las fórmulas que se deben considerar como dando valores medios para la generalidad del territorio español: procurando esplicarme de modo que se puedan hacer las aplicaciones á la práctica por el mayor número de personas.

LIBRO TERCERO.

apitulacion de las fórmulas y reglas generales para determinar el movimiento de las aguas, ya salgan por orificios ó aberturas cualesquiera, de estanques ó de toda especie de depósitos, ya corran libremente á cielo descubierto por canales ó por rios, ya vayan por tubos de conduccion ó encañados: con el modo de distribuirlas en la debida proporcion, y de hacer las aplicaciones á la resolucion práctica de todo género de cuestiones, que sobre el movimiento de las aguas puedan ofrecerse, para atender á los usos económicos de los pueblos, á las necesidades de la Agricultura, y á proporcionar motor á las máquinas en los diferentes ramos de Industria.

CAPÍTULO PRIMERO.

rminacion de la fuerza centrífuga y de la fuerza de la gravedad en cualquier parage del Globo.

Los cuerpos en general, segun he manifestado en la Introm de mi *Tratado elemental de Matemáticas*, se pueden hallar s estados diferentes: en su estado de *solidez*, que es cuando sus alas ó partecillas tienen tanta adhesion entre sí, que con dificl se separan, y agarradas por una parte se vienen con ella las ; en su estado de *liquidez*, que es cuando despues de adquirirto grado de calor, tienen tan poca adhesion entre sí, que se m las unas de las otras, si no se las contiene en vasijas; y finte, adquiriendo mayor grado de calor, llegan á tener ménos

dhesion, de tal manera que si las vasijas donde están,
apadas ó comprimidas por otros cuerpos, se difunden p
era: un ejemplo bien sensible nos ofrece el agua en su

En efecto, nosotros podemos tomar con nuestros de
o de *nieve*, un pedazo de *hielo*, ó un *granizo*; y por
ea el parage del contacto, observarémos que toda la n
untamente con la parte á que aplicamos nuestros dedo
o mismo cuando aquella porcion de nieve, hielo ó gran
lerretida ó fundida, que es lo que propiamente se llama
l tratar de aplicar los mismos dedos no viene mas por
que una pequeña cantidad que los moja; y quedaría ad
porcion á los mismos dedos, si los aplicásemos á
rapor acuoso.

El tránsito del agua de uno de estos estados á los
stá verificando continuamente en la naturaleza; y par
os de ello, bastará observar, que si colocamos un ped
hielo, ó una cantidad de granizo en una vasija cual
le nuestras habitaciones, notarémos, que al cabo de cie
lerriten y se convierten en agua; la cual permanecerá
rasija, formando por la parte superior una superficie
teriaa con el nombre de *superficie horizontal*, y qu
como la superficie de una porcion de esfera, cuyo centr
l de la Tierra. Si se deja esta misma cantidad de agua

r la forma líquida, quedando pegado á las tapaderas hasta
evapora otra vez, ó haciéndose mayores las gotas, escede su
la fuerza de adhesion que tienen entre sí las partes del agua;
diendo sostenerse, caen otra vez al fondo.

sobre un plato colocamos un *granizo*, de los que caen durante
pestades, echarémos de ver, que solo tocará al plato en un
y á poco que se levante el plato, empieza á resbalar el gra-
lo largo de él, en virtud de la fuerza de la gravedad, como
ı cualquier otro cuerpo sobre un plano inclinado. Si el mismo
le dejamos en el plato, notarémos que, al cabo de cierto
se funde ó derrite y se aplasta; de modo que la parte que está
ıcto con el plato es muchísimo mayor que ántes; y si el plato
eza á levantar por el mismo lado, aunque la fuerza de la gra-
· la cantidad de materia que formaba ántes el granizo, y
ıra está convertida en agua es la misma, sin embargo, no
ará á descender el agua por el plato, sinó cuando éste se haya
o mas, que cuando aquella cantidad de agua estaba conge-
granizo; y aun cuando principie á moverse, lo hace ménos
ente que el granizo, y no toda llega á salir del plato, y acaso
s suficientemente grande, ó la cantidad de agua es pequeña,
instante en que deja de correr, y para que se verifique otra
ovimiento, se necesita inclinar mas el plato, y á veces resulta
nque este se ponga verticalmente, y aun se coloque boca á
ı salga la mas mínima gota de agua del plato, á pesar, de
petimos, la cantidad de materia sea la misma en el granizo
ı gota de agua que éste produjo, y á pesar tambien de que la
e la gravedad es la misma, y de que tampoco varía el plato.
ı proviene de que, pasando el granizo al estado líquido, y
indose en agua, las moléculas ó partecillas materiales han
ma grandísima parte de la adhesion, que tenían entre sí;
la han llegado á perder enteramente, y el peso de cada par-
molécula no es suficiente para vencer la fuerza, aunque pe-
que dichas partes se conservan adheridas, que se caracte-
el nombre de *viscosidad*, ni la resistencia que les opone el
rozamiento con el plato. De manera, que para determinar
movimiento del agua, así como las de cualquier otro lí-
quido tener en consideracion *la fuerza de la gravedad*
n la *viscosidad*, el *rozamiento* y la *adherencia* á
vasos &c. De todas estas fuerzas *la gravedad es*
e efectivamente en el movimiento; *pues* todas las

s, cooperan, no á que este se verifique, sinó á retarda
struirle enteramente. Por manera, que el movimient
s, así como el de los otros líquidos y aun el de los flui
ede verificar cuando la fuerza que le comunica la grav
á todas las otras fuerzas que cooperan á impedir, r
uir el impulso que la gravedad produce, y que por lo
n *fuerzas retardatrices*. Y siendo la gravedad la so
nfluye en el movimiento del agua, no deja de causar a
e todos los Autores hayan prescindido hasta ahora
sus variaciones, y aun el que algunos la hayan tor
ctitud, segun indicamos (lib. 2°.....90): y como darémo
§§ 12 al 29 del presente) con un mismo ejemplo que
á diversas localidades del Globo, que la variacion de
gravedad, influye de un modo muy sensible en el m
s aguas. Mas enseñarémos primero á determinar *dich*
parage cualquiera; y como una de las circunstancias
e deben tener en consideracion es la *fuerza centrifu*
ien es variable, principiarémos por dar á conocer e
determinarla.

El resolver estas dos cuestiones ha estado reservado ha
los tratados mas sublimes de Astronomía y de Mecáni
ida su importancia, yo inserté su resolucion (§§ 16
Mec.), de modo que esturviese á los alcances de cualq
[illegible]

la auxiliar para encontrar la fuerza centrífuga n cualquier parte del Globo Terrestre.

orresponde al cuadrado del coseno de la latitud, uponiendo el radio igual n 10000 y tomando lamente los guarismos ade el cuarto inclusive la izquierda en adelante.	Diferencias.	Grados de latitud.	Corresponde al cuadrado del coseno de la latitud, suponiendo el radio igual con 10000 y tomando solamente los guarismos desde el cuarto inclusive á la izquierda en adelante.	Diferencias.	Grados de latitud.	Corresponde al cuadrado del coseno de la latitud, suponiendo el radio igual con 10000 y tomando solamente los guarismos desde el cuarto inclusive á la izquierda en adelante.	Diferencias.
10000	3	31	7347	153	61	2350	150
9997	9	32	7192	155	62	2204	146
9988	15	33	7034	158	63	2061	143
9973	22	34	6873	161	64	1922	139
9951	27	35	6710	163	65	1786	136
9924	33	36	6545	165	66	1654	132
9891	40	37	6378	167	67	1527	127
9851	45	38	6210	168	68	1403	124
9806	51	39	6040	170	69	1284	119
9755	57	40	5868	172	70	1170	114
9698	62	41	5696	172	71	1060	110
9636	68	42	5523	173	72	955	105
9568	74	43	5349	174	73	855	100
9494	79	44	5174	175	74	760	95
9415	85	45	5000	174	75	670	90
9330	90	46	4826	174	76	585	85
9240	95	47	4651	175	77	506	79
9145	100	48	4477	174	78	432	74
9045	105	49	4304	173	79	364	68
8940	110	50	4132	172	80	302	62
8830	114	51	3960	172	81	245	57
8716	119	52	3790	170	82	194	51
8597	124	53	3622	168	83	149	45
8473	127	54	3455	167	84	109	40
8346	132	55	3290	165	85	76	33
8214	136	56	3127	163	86	49	27
8078	139	57	2966	161	87	27	22
7939	143	58	2808	158	88	12	15
7769	146	59	2653	155	89	3	9
7650	150	60	2500	153	90	0	3
5700							

Por medio de ella, podemos resolver la siguiente *tion. Determinar lo que la fuerza centrífuga disminuye erza de la gravedad en un parage cualquiera del Globo, en conozca su latitud y altura sobre el nivel del mar* *.

---

regla práctica, que vamos á dar, está sacada de la fórmula (§ 426 educiendo á un solo número la parte constante $\frac{4\pi^2}{T^2}$, que resulta ser 532, tomando para R su valor en pies españoles, que es

... la Aritmetica de Niños) *.

3.° Lo que resulte para este cuarto te
ro que se tomó primero en la tabla auxil

4.° La resta que se obtenga se mu
constante 532.

5.° El producto que resulte, se vol
suma del número constante 22847748 c
el parage se halla mas elevado que el nive

6.° En el número que resulte, sepáre
con la coma quince guarismos decimales,
los guarismos significativos y la coma, los
tar, para que desde la coma hasta el últim
haya exactamente quince guarismos decimal
sará en fraccion decimal de pie español lo
disminuye á la de la gravedad en el par
cuya fraccion se tomarán los cuatro guaris
á la derecha de la coma, desechando los de
saria mayor aproximacion, y ya porque e
no ser de todo punto exacto, á causa de
hemos calculado para que suministre solo
pues que las unidades en el quinto lugar
mas partes de línea, que en ninguna cuestic
lo general en la práctica puede tener infl...

le modo que no se corriese el riesgo de cometer mayor equivocacion.

3 Para manifestar el uso de esta importante regla, nos proponirémos resolver algunos ejemplos, que elegirémos de aquellos que nos sean útiles para lo sucesivo.

Primer Ejemplo. Propongámonos hallar lo que la fuerza centrífuga disminuye á la fuerza de la gravedad en *Madrid*, cuya latitud es 40° y 25′; y su altura sobre el nivel del mar es 2394 pies en virtud de la (tabla § 46 lib. 1.°) por mi medida.

Res. 1.° Busco en la tabla auxiliar el valor que corresponde en frente del número exacto de grados que contiene la latitud, que en este caso son 40°, y hallo 5868.

2.° Formo la proporcion siguiente, 60 minutos: 25 minutos (porque aqui no hay segundos):: 172, número que se halla en la tabla auxiliar en la columna de las diferencias entre 40° y 41°: (al cuarto término que se busca).

Para hallarle, multiplico los dos términos medios 25 y 172; lo que da por producto 4300; y dividiendo este por el primer término 60, resulta por cuarto término buscado 71,66; por lo que, en virtud de lo espuesto (§ 184 Aritmética de Niños) tomaré 72.

3.° Resto el 72 del 5868, que tomé primero en la tabla, y hallo 5796.

4.° Multiplico este número 5796, por el número constante 532; y hallo 3083472.

5.° Multiplico este producto por el número constante 22847748 aumentado en 2394 pies (altura de Madrid sobre el nivel del mar) esto es, multiplico por 22850142, y obtengo 70457773053024.

6.° Ahora separo de derecha á izquierda con la coma, quince guarismos decimales; y como en el número solo hay catorce, suplo el que falta poniendo un cero entre la coma y los guarismos significativos; y hallo por último 0,070457773053024; de los que tomo los cuatro primeros á la derecha de la coma y obtengo 0,0704 de pie español, que espresa lo que la fuerza centrífuga disminuye á la de la gravedad en Madrid atendiendo á su latitud y á su altura sobre el nivel del mar *.

* Si comparamos este resultado con el obtenido (§ 426 Mec.) que es 0,070431 pies españoles, se halla, que convienen en tener los cuatro primeros guarismos decimales exactos; y solo se diferencian en dos unidades del quinto lugar decimal, que no equivalen á tres milésimas partes de pie española; y como en el espresado parage la hemos determinado toda estension y exactitud, la conformidad que hallamos en los resultados de ambos métodos, nos hace inferir la seguridad con que pode-

mplo. Hallar lo que la fuerza centrífuga disminuye á l
edad en *Búrgos*, cuya latitud es 42° 20′ y 59″,
obre el nivel del mar segun la (tabla § 46 lib. 1.°)
españoles.

sco en la tabla auxiliar el número que corresponde á 4
r 5523.

rmo la proporcion, 60 minutos : 20,983 (número
fraccion decimal de minuto, procedente de trasform
undos que hay en la latitud de Búrgos) :: 174 (que
a tabla entre 42° y 43° en la columna de las dif
l cuarto término; y hallando este, resulta 60,8, que con
ale mas de 5, añado una unidad en vez de él y

stando este número, de 5523, hallo 5462.

ltiplico 5462 por el número constante 532; y e
05784.

ltiplico este producto por el número constante 2284774
añadirle 3147 (altura de Búrgos sobre el nivel del m
22850895; y encuentro 663997650766 80.

paro en este número con la coma, quince guarism
á izquierda; y como no hay mas que catorce, pon
ntre la coma y las cifras significativas, lo que
765076680; de cuyo número tomo los cuatro primer

'200; y separando en el resultado quince guarismos, hallo 661979872 de pie; y tomando los cuatro primeros gua- btengo 0,0693 de pie para la cantidad que la fuerza disminuye á la de la gravedad en el espresado parage.

mplo. Determinar lo que la fuerza centrífuga disminuye ı gravedad en *Vergara*, cuya latitud es 43° y 10′, y su e el nivel del mar es segun la (tabla § 46 lib. 1.°) 668 pies. icando la regla, encuentro por último resultado 0,0646

mplo. Determinar lo que la fuerza centrífuga disminuye gravedad, al nivel del mar en el *punto mas septentrio- paña*, que es el *cabo Ortegal*, ó el de *Bares*, poco dis- l, y cuya latitud se puede reputar en 43° y 55′.

cando la regla, obtengo por último 0,0630 de pie.

mplo. Determinar lo que la fuerza centrífuga disminuye a gravedad en *Manzanares* de la Mancha, cuya altura ivel del mar es por la (tabla § 46 lib. 1.°) 2319 pies, y ıd se puede reputar en 39°.

cando la regla, obtengo por último 0,0734 de pie.

emplo. Determinar lo que la fuerza centrífuga disminuye gravedad en *Valencia*, cuya latitud es 39° 28′ y 45′, y de la plaza de la catedral sobre el nivel del mar resulta, no medio en la (tabla § 46 lib. 1.°), de 110 pies espa- ıallo 0,0724 de pie.

emplo. Determinar lo que la fuerza centrífuga disminuye ı gravedad en el punto mas alto de nuestra península, que de *Mulhassem ó Muley-hasem* en la Sierra Nevada de que segun la (tabla § 46 lib. 1.°) está 12762 pies mas el nivel del mar, y cuya latitud se puede graduar en 35° allarla tambien para la misma latitud, y á la altura don- ıian las nieves perpetuas en la misma Sierra, que es 9915 ambien á la misma latitud y á la altura de la Sierra de ıe viene á ser parte de la misma Sierra Nevada, y que por § 46 lib. 1.°) se halla 7200 pies sobre el nivel del mar.

deremos sucesivamente cada uno de los tres casos que el problema.

el pico de *Mulhassem*, se halla, practicando la regla y to- s cinco primeros guarismos, que la fuerza centrífuga dismi- de la gravedad en el espresado parage en 0,08127 de pie *.

ciamos aquí cinco guarismos para que se note la diferencia;

límite inferior de las nieves perpétuas, se halla 0,08126

altura de la Sierra de *Gádor* se halla que la fuer-
a es 0,08125 de pie.

plo. Determinar lo que la fuerza centrífuga disminu-
gravedad en *Córdoba*, cuya latitud es 37° y 50′, y
obre el nivel del mar es 846 pies; hallo 0,0758 de pie.

mplo. Determinar lo que la fuerza centrífuga dismi-
la gravedad al nivel del mar en el punto mas me-
España, que se halla en las cercanías de *Tarifa*, á
Practicando la regla, encuentro 0,0794 de pie.

mplo. Determinar lo que la fuerza centrífuga disminuye
ravedad en el punto mas alto del pico de *Teide* en la Isla
cuya latitud es 28° y 28′, y cuya altura sobre el ni-
, por término medio segun la (tabla § 46 lib. 1.°) es
Determinarla tambien á la altura inferior de las nieves
ue la podrémos suponer allí á 11000 pies sobre el nivel
determinarla tambien para la misma latitud y al nivel

ndo la regla, se halla que la fuerza centrífuga en el pun-
del pico de *Teide* es 0,09399 de pie *.
límite inferior de las nieves perpétuas, se halla 0,09397

ye á la de la gravedad en el punto mas alto de la América, que el *Chimbórazo*, que está (§ 507 Mec.) 21092 pies sobre el nivel mar, y cuya latitud es 1° y 45′. Determinar lo mismo, á la altura límite inferior de las nieves perpétuas en el ecuador, que es 227 pies; y tambien para la ciudad de Quito, cuya latitud es 13 inutos, y su altura 10440 pies sobre el nivel del mar; y hallarla mbien al nivel del mismo mar en el ecuador.

Para el punto mas alto del *Chimbórazo*, resulta 0,12154 pie *.

Para determinar lo que corresponde al límite inferior de las nie- s perpétuas en el ecuador, observo que siendo cero la latitud, no y que formar la proporcion que prescribe la regla. Por consiguien- multiplicaré el mismo 10000 de la tabla por 532 y hallo 20000; multiplico este número por 22847748 aumentado en 227 que es 22864975; y tomando los cinco primeros guarismos cimales del producto, hallo 0,12164 de pie.

Para hallar lo que corresponde á Quito, observo que como la la- d es 0° 13′, formo la proporcion 60 : 13 : : 3 : al cuarto término, es 0,65, y puedo reputar en una unidad, que restada de 10000, 9999; cuyo número multiplicado por 532, y lo que resulte por 858188, que proviene de añadir al número 22847748, la altu- de Quito sobre el nivel del mar, que es 10440 pies, y tomando co de las quince cifras que resultan, obtengo por último para la rza centrífuga en Quito 0,12159 de pie.

Para hallarla en el mismo ecuador, al nivel del mar, no tengo s que multiplicar el número 10000 de la tabla por 532, y lo e me resulte por 22847748; y separando quince guarismos del ducto y reservando los cinco primeros obtengo 0,12155 de pie.

15.° *Ejemplo.* Determinar lo que la fuerza centrífuga disminuye a de la gravedad en el punto mas alto del mundo, que hasta aho- se conoce, y es uno de los picos de los montes de *Himâlaya*, que un la nota del (§ 578 II C) se halla 28167 pies españoles mas o que el nivel del mar, y *cuya latitud es* 30° 22′ *y* 19″.

Practicando la regla, encuentro 0,0894 de pie.

4 Entendido esto, pasemos á la determinacion de la fuerza de gravedad en un parage cualquiera; para lo cual necesitamos las s tablas auxiliares que siguen.

---

* Tomo aquí cinco guarismos por la razon dada al hacer igual deter- nacion en la Sierra Nevada de Granada.

unda tabla auxiliar para encontrar la fuerza de la ravedad. Contiene el decremento de la gravedad á liferentes alturas sobre el nivel del mar. Tomando or unidad la que tiene en dicho nivel del mar, se endrá que

á	La fuerza de la gravedad será	á	La fuerza de la gravedad será
0 pies.	1,000000	4500 pies.	0,999606
150....	0,999987	4650....	593
300....	74	4800....	580
450....	61	4950....	567
600....	47	5100....	554
750....	34	5250....	541
900....	21	5400....	527
1050....	08	5550....	514
1200....	0,999895	5700....	501
1350....	882	5850....	488
1500....	869	6000....	475
1650....	856	6150....	462
1800....	842	6300....	449
1950....	829	6450....	435
2100....	816	6600....	422
2250....	803	6750....	409
2400....	790	6900....	396
2550....	777	7050....	383
2700....	764	7200....	370
2850....	751	7350....	357
3000....	737	7500....	343
3150....	724	7650....	330
3300....	711	7800....	317
3450....	698	7950....	304
3600....	685	8100....	291
3750....	672	8250....	278
3900....	659	8400....	265
4050....	645	8550....	252
4200....	632	8700....	238
4350....	619	8850....	225

10050. . . .	120	1
10200. . . .	107	1
10350. . . .	094	1
10500. . . .	081	1
10650. . . .	068	2
10800. . . .	055	2

5 Con estas, y con lo manifestad
fuerza centrífuga, estamos en disposic
neralidad la siguiente

Cuestion. Hallar la fuerza de la
punto del Globo, respecto del cual se
sobre el nivel del mar.

Res. Para resolverla, debemos atem
saber, 1.° á la latitud; 2.° á la altura d
mar; y 3.° á la fuerza centrífuga.

1.° Para hallar la fuerza de la gra
tud, no hay mas que buscar en la prime
hemos de poner para la gravedad, el n
se halla en frente del número de grados
titud, y despues se formará esta proporc

60 minutos es *al* número de minutos
nuto, reduciendo á esta h

2.ª Búsquese en la segunda tabla auxiliar de la gravedad el número que se halle en frente del número de pies españoles que mas se aproxime á la altura del parage sobre el nivel del mar; por este número se deberá multiplicar la fuerza de la gravedad, que acabamos de encontrar, y tomarémos en este resultado cuatro guarismos decimales, como salgan sin añadir ninguna unidad, aun cuando el otro que siga sea mayor que 5.

3.ª De este número, que acabamos de hallar, se restará el valor de lo que la fuerza centrífuga disminuye á la de la gravedad, determinado por la cuestion anterior; y la resta espresará la fuerza de la gravedad que se pedía, teniendo en consideracion todas las circunstancias.

1.er *Ejemplo.* Propongámonos ante todas cosas *determinar la fuerza de la gravedad en Madrid*, cuya latitud es 40° y 25′ y su altura sobre el nivel del mar es 2394 pies.

Hallo primero la fuerza de la gravedad, atendiendo á la latitud; para lo cual busco en la primera tabla el número que se halla en frente del 40°, que es 35,1725; busco en la columna de las diferencias de la misma tabla el número que corresponde á 40° y 41°, que es 35; y formo la siguiente proporcion:

60 minutos : 25 minutos :: 35 (diferencia hallada en la tabla en la columna de las diferencias correspondiente á la que hay entre los que pertenecen á 40° y 41°): al cuarto término, que resulta ser 14; que añado á las últimas cifras decimales del número 35,1725 que corresponde á 40°; lo que me da 35,1739 para la fuerza de la gravedad en Madrid, suponiendo, que dicha capital se halla al nivel del mar *.

Para determinar la que corresponde atendiendo á la altura sobre dicho nivel del mar, busco en la segunda tabla el número que se halla en frente del número de pies españoles que mas se aproxima á la altura del parage sobre el nivel del mar, el cual es 0,999790, que se halla en frente de 2400 pies, á que mas se aproximan los 2394 pies; multiplico el número 0,999790 por la fuerza de la gravedad hallada anteriormente, que es 35,1739, y encuentro que la

* Este resultado es el mismo que se ha obtenido por la fórmula mas exacta que se conoce en la nota del § 162 de mi Mecánica; y el mismo que en el § 113 de mi Compendio de Mecánica práctica, donde la deduje de la fórmula general de la longitud del péndulo simple. Por lo que debemos tener una completa seguridad en que por este método que aquí proponemos, á los alcances de todo el mundo, se obtienen los resultados con la misma exactitud que por los procedimientos mas sublimes.

-- primer guarismo decimal; y se ob
mado para la fuerza de la gravedad en l
del cual se puede usar en las aplicacio
generalmente en la práctica. Sin embarg
destinada esclusivamente á presentar resu
dos aspectos, usarémos siempre del valo
En los demas casos, el lector elegirá la ap
leza de la cuestion exija.

2.° *Ejemplo. Hallar la fuerza de la* ,
ya latitud es 42° 20′ y 59″ y su altura
3147 pies.

Busco primero el número que en la p
la gravedad está en frente de 42° que es 35
porcion 60:20.983 (que resulta de conver
de minuto, los 59 segundos que contiene l
que hallo en dicha tabla entre los números
y 43°): al cuarto término, que hallo ser
número 35,1794, encuentro 35,1806.

Busco ahora en la segunda tabla el núm
aproxima á los 3147, y veo que le corresp
que multiplicaré por dicho número la fuerza
anteriormente, que es 35,1806, y encuent
rismos 35,1708.

De este número resto el valor que corresponde á la fuerza centrífuga en dicho parage, que es (cuest. ant. 2.º ej.) 0,0663, y hallo 35,1035 pies para el valor de la fuerza de la gravedad en *Búrgos*.

3.er *Ejemplo. Determinar la fuerza de la gravedad en la laguna de Peñalara*, que se halla entre Buitrago y el Real Sitio de San Ildefonso en la cordillera de montañas que hay entre el puerto de Somosierra y el de Navacerrada, cuya latitud es 40° y 58′ y la altura sobre el nivel del mar 7200 pies.

Hallo por último 35,0843 pies.

4.º *Ejemplo. Determinar la fuerza de la gravedad en Verara*, cuya latitud es 43° y 10′, y su altura sobre el nivel del mar segun la tabla (§. 46 lib. 1.º) 668 pies. Resulta 35,1169 pies.

5.º *Ejemplo. Determinar la fuerza de la gravedad al nivel del mar en el punto mas septentrional de España, que es el cabo Ortegal ó el de Báres*, poco distante de él, y cuya latitud es 43° y 55′.

Practicando la regla dada, hallo para la fuerza de la gravedad, atendiendo á la latitud 35,1861; y como la altura es cero, no debo practicar la segunda parte de la regla; y solo me falta restar de este número el valor de la fuerza centrífuga, que es en dicho punto (§. 3 ej. 5.º) 0,0630; y hallo por último que la fuerza de la gravedad en el punto mas septentrional de España, y al nivel del mar es 35,1231 pies.

6.º *Ejemplo. Determinar la fuerza de la gravedad en Manzanares de la Mancha*, cuya altura sobre el nivel del mar es por la tabla (§ 46 lib. 1.º) 2319 pies, y cuya latitud se puede graduar en 39°. Resulta 35,0887 pies.

7.º *Ejemplo. Determinar la fuerza de la gravedad en Valencia*, cuya latitud es 39° 28 y 45′, y la altura de la plaza de la Catedral sobre el nivel del mar resulta por término medio en la tabla (46 lib. 1.º) de 110 pies españoles. Hallo 35,0978 pies.

8.º *Ejemplo. Determinar la fuerza de la gravedad en el punto mas alto de nuestra península, que es el pico de Mulhassem en la Sierra Nevada de Granada*, que está 12762 pies mas alto que el nivel del mar, y cuya latitud se puede graduar en 35° y 10′.

En este ejemplo hallo, atendiendo primero á la latitud 35,1562; liendo despues á la altura sobre el nivel del mar, encuentro 1693 habiendo tomado cinco cifras por la razon dada al deter- r la fuerza centrífuga en el mismo parage; y hallo por últi- 35,03566 pies.

uer mar en el punto mas meridional (
las cercanías de Tarifa á los 36° y 3′

11.° *Ejemplo. Determinar la fue*
punto mas alto del pico de Teide en la
titud es 28° y 28′, y cuya altura sobre
mino medio segun la tabla (§ 46 libro 1

Hallo 34,99376 pies.

Para el *límite inferior de las nie*
nios suponer en dicho pico á 10000 pie
halla 35,00773 pies.

Si la quisiéramos *al nivel del mar*
llaríamos 35,04147 pies.

12.° *Ejemplo. Determinar la fue*
Habana, cuya latitud es 23° y 12′ y es

Hallo 35,0184 pies.

13.° *Ejemplo. Determinar la fuerz*
nila, cuya latitud es 14° 36′ y 8″, y es

Hallo 34,9891 pies.

14.° *Ejemplo. Determinar la fuer*
punto mas alto del Chimborazo, que e
pies sobre el nivel del mar, y cuya latitud

Resulta 34,77429 pies.

Si la queremos *á la altura del li*
ves perpétuas en el ecuador, que es
34,80961 pies.

s picos de los montes de *Himâlaya*, que segun la nota del (§ 578 G) se halla 28167 pies españoles mas alto que el nivel del mar, cuya latitud es 30° 22′ 19″. Hallo 34,9651 pies.

De todo lo cual resulta que el punto del Globo en que la grave-ad es menor se halla en lo mas alto del Chimborazo.

CAPÍTULO II.

Deduccion de las fórmulas y reglas generales para el movimiento el agua ó de cualquier otro fluido, que sale por orificios peque-os en comparacion de las superficies de los vasos ó depósitos que los contienen.

6 *La teoría y la esperiencia* están acordes en que *la veloci-d con que el agua ó un fluido ó líquido cualquiera sale de un so ó depósito, que permanece constantemente lleno, por un ori-io muy pequeño en comparacion de la superficie de la vasija ó pósito en que está contenido, es igual á la velocidad que ad-iriria un cuerpo pesado, cayendo de toda la altura del nivel l fluido en el vaso ó depósito sobre el centro del orificio, cual-iera que sea la posicion de su superficie; esto es, ya sea el ficio horizontal, ya vertical ó ya inclinado al horizonte; y alquiera que pueda ser su figura, esto es, ya sea rectangular, cuadrada, ya poligonal, ya circular, con tal que no pre-nte ángulos entrantes.* Y como, si espresamos por h la altura que cae un cuerpo pesado, y por g la fuerza de la gravedad, en parage donde se opera, la velocidad que dicho cuerpo habrá to-do al llegar al punto mas bajo, está espresada* por $\sqrt{2g\times h}$, re-ta que si la altura de un estanque, de una vasija ó depósito cual-iera, que contenga agua ú otro fluido, sobre el centro de un agu-ro que haya en el fondo ó en cualquiera de sus lados, la espresa-s por h, la fuerza de la gravedad en el parage del estanque, de-sito &c. por g, y por v la velocidad por segundo, con que saldrá fluido, tendrémos $v=\sqrt{2g\times h}$ (6); la cual traducida en regla, nos dice *: para encontrar la velocidad con que el agua ó cualquier otro*

* V. §§ 569, 570 y 571 de Mec. ó § 375 II C. ó § 178 de Mec. Prác.

[illegible] corriente [illegible],
saldrá por dicho orificio una cantidad de
considera, representada por la superficie d
el número de pies que espresa la menciona
presentamos por k la superficie del orificio
segundo, saldrá por él un volúmen de agua
Y si suponemos que el agua este saliendo
pressado por e, resultará que en dicho tiem
agua espresado por [illegible] Esta
se llama por lo regular el *gasto del orifici*
tra (b) de modo, que, en virtud de lo que
se tiene la siguiente ecuacion [illegible]
una que hemos obtenido en el § [illegible] de
del 2.° tomo del Compendio y en el § [illegible]
§ Para que esta ecuacion se pueda apl
dificultad alguna, en la practica, es indisp
[illegible]
[illegible]
a fin de que todos los tiempos [illegible]
[illegible]

duplo de la fuerza de la gravedad, en el parage donde opera, por la altura de la superficie del agua en el depó- o sobre el centro del orificio, que es lo que se llama la car- ; de esto se estraerá la raiz cuadrada; lo que resulte se ltiplicará por la superficie del orificio; y el producto que se tenga, se volverá á multiplicar por el número de segundos e esté saliendo el agua. Con lo que se tendrá el gasto pedido.

Ejemplo. Supongamos un depósito de agua, tal como el estan- e del Retiro de Madrid, y que se desée determinar la cantidad de e líquido que saldrá en todo un dia por un orificio cuadrado de pie de superficie que tuviese la forma embudada de la (fig. 13) el supuesto de que permanezca constantemente lleno por entrarle a por otro lado y de que la profundidad del estanque fuese 10 pies.

En este caso, como *la superficie del espresado estanque es mas cuatrocientas mil veces mayor que la del orificio, esta cuestion halla comprendida en la fórmula y regla anterior*; y para prac- r esta, debo hallar ante todas cosas la fuerza de la gravedad en ocalidad que ocupa el mencionado estanque, la cual es (§ 5. ej. 1.°) 0961 pies españoles; y tomando su duplo tendré 70,1922, que ltiplicando esto por 10, altura del agua sobre el centro del orifi- , y que es lo que hemos dicho se llama la *carga*, tendrémos 181 Ar. de N.) 701,922; de lo cual estraigo la raiz cuadrada 233 Ar. de N.) y saco 26,493811; ahora debo multiplicar este nero por la superficie del orificio, que siendo un pie cuadrado, o de multiplicar un número cualquiera por la unidad, resulta el mo número (73 Ar. de N.) no tendrémos que hacer mas que ltiplicar el espresado número 26,493811 por los 86164 segun- , que tiene el dia y saco 2282813; cuyo número espresa que, en o tiempo, saldrán *dos millones doscientos ochenta y dos mil ocientos y trece pies cúbicos de agua.*

10 Si quisiéramos averiguar á cuantos quintales de agua equi- ía esta cantidad, observaríamos que por término medio, se puede oner que el pie cúbico de agua, en virtud de los resultados y ta- s del (§ 241 de Mec. Prác.), pesa 47 libras españolas, ó 0,47 quintal. Luego si el número anterior lo multiplicamos por 0,47 resultará que el peso de la esprêsada cantidad de agua es 72922 quintales, esto es, *un millon setenta y dos mil novecien- veinte y dos quintales.*

11 Aquí se observa que, desde la primera cuestion relativa al

iento de las aguas, nos vemos precisados á valernos de
to de la fuerza de la gravedad. Esta, en los libros esc
l ántes de la publicacion de mis obras, se ha supue
unos 30,2 pies, sin espresar muchas veces qué clase
y en otras, aunque se decia que eran franceses, no se
on la debida claridad que este valor era en París, y
le. Por lo cual, en mi Compendio de Mecánica
y 49) indiqué algunos de los inconvenientes que de
n originar, é insistí con mucha firmeza en que se de
mayor esmero y exactitud sobre este particular. Ahor
mayor importancia el hacer alguna otra indicacion re
estiones hidráulicas; porque no solo se ha cometido el
o á la gravedad, sinó que al calcular el peso de u
e agua, se ha supuesto que un pie cúbico de este
70 libras; y casi todas las aplicaciones que se ve
españoles, anteriores á mis obras, son en este supue
ir que el pie cúbico de agua, que pesa las 70 libras,
francés; y las libras son tambien francesas; y que es
y no en España, que varía el peso del agua por las
stancias, que se manifiestan en los parages citados, y
e merecen la mayor confianza; pues me los suministró
uan Lopez de Peñalver, que es el Sabio Español que
do y con mas acierto en el arreglo de pesas y me

licándole por 10, altura del agua en el depósito sobre el orificio, se nvierte en 704,06382616; y estrayendo la raiz cuadrada, resul- 26,534201; multiplicando ahora este número por 1, superficie l orificio, resulta el mismo número, y multiplicándole por 86164, gundos que tiene el dia, se saca 2286293 pies cúbicos para el asto del mencionado orificio; cuyo resultado contiene *tres mil cua- ocientos ochenta* pies cúbicos mas de agua; que equivalen á mas *mil seiscientos treinta y cinco quintales*; y como nadie podrá cir que esta cantidad no merece tenerse en consideracion, resulta e no es indiferente el hacer el cálculo por una ó por otra fórmula; verificándose un error de tanta consideracion en un solo dia, se ede venir fácilmente en conocimiento de los graves perjuicios que drán resultar en una semana, en un mes, en un año, en un si- , en muchos siglos, &c., &c.

13 En efecto, supongamos que este hubiera sido un ejemplo ucido á la práctica, como ha sucedido en muchas ocasiones aná- as. Hecho el cálculo por las fórmulas, que hasta el dia se con- en en los libros, se hubieran debido obtener los 2286293 pies icos que se habrían calculado ó contratado por ser necesarios ó a regar una cantidad determinada de terreno, como el Retiro, din Botánico, &c., ó para abastecer al vecindario de Madrid ó a mover alguna máquina.

Si era con el objeto de regar, faltaba agua cada dia para el re- ío de unos cuatro celemines de tierra del partido de Madrid; y o por lo regular se necesita regar de diez en diez dias, en el cul- mas esmerado de jardin, huertas, prados, &c., resulta que fal- a el regadío á mas de tres fanegas de terreno del partido de drid, que equivale á la décima parte de la estension del Real din Botánico. Si era para el vecindario, faltaba el agua necesa- para el abasto de 8895 personas * que equivale á la vigésima e de la poblacion de Madrid; y esto quería decir que por error l modo de hacer el cálculo, de cada 20 habitantes faltaba agua a uno; lo cual no es indiferente. Si era para mover alguna má- a, segun la altura á que esta operase, resultaría mas ó ménos ijo. Si se colocase en el Prado hácia el estremo inferior del Salon,

al tomo 4.° de las Cartas de Leonardo Euler, pág. 247 y siguientes, que yo pongo § 152 del tomo 1.°, parte 1.ª de mi Tratado Elemental latemáticas.

Cada persona consume al dia 0,391209 de pie cúbico español de agua n mi observacion (pág. 498 del Mercurio de octubre de 1824).

mos 130 pies mas bajo que el citado estanque, resultaria
motriz equivalente á la que podrían hacer en un dia de
caballos y la tercera parte de lo que podría ejercer en
caballo *, lo cual no es indiferente bajo ningun aspecto.
nos podría parecer acaso impertinente el que yo insista
tan enérgico sobre este particular; pero como esta es
principales causas, por las cuales fallan y se malogran
amada España aun los proyectos mas bien premeditados,
sido de opinion de que el mayor bien que se puede hacer
méritos habitantes de este pais, es manifestarles de donde
a grandísima parte de los resultados inexactos que se
fin de que, evitándolos oportunamente, en vez de recibir
e tanta consideracion, gocen de las utilidades que les
n.

mos indicado (47 lib. 2.º) que por la tabla de alturas de
untos de la Península, se podría considerar la posicion de
general, como una posicion media. No obstante, en todas
s y reglas que establezcamos, lo harémos en general, de
rminada la fuerza de la gravedad; pero en gran parte de
ones numéricas que hagamos será respecto de Madrid
s resultados convendrán á la mayoría de los puntos de la
insular. Mas con el fin de que esta materia no ofrezca
ertidumbre, voy ahora á manifestar cual es el mayor
podría cometer, tanto en la Península, como en los

ula, sería si nosotros hiciéramos aplicacion de las fórmulas cor-
ondientes á la situacion de Madrid, para un parage que, ha-
lose al nivel del mar, fuese el punto mas septentrional de Es-
, que es el *cabo Ortegal* en Galicia, ó el *cabo de Bares*, que
ista mucho del anterior, y cuya latitud hemos graduado, al ha-
la fuerza centrífuga y de la gravedad, en 43° y 55′. En efecto,
erza de la gravedad crece (§ 162 Mec.) al paso que aumenta
titud, y disminuye aumentándose la altura sobre el nivel del
luego suponiendo el punto mas septentrional de España y el
bajo de la superficie terrestre, que es el nivel del mismo mar,
nos el punto de España en que la gravedad será mayor; y como
s encontrado (§ 5 ej. 5.°) que la espresada fuerza en dicha lo-
ad es 35,1231 pies, si sustituimos este valor por g en la (ec. 7)
cticamos el cálculo, como lo hemos hecho (9) para Madrid, nos
ará últimamente para el gasto de un orificio hecho en un es-
e de las mismas dimensiones y en el mismo tiempo que espre-
el ejemplo del (§ 9) 2283691 pies cúbicos, que son 878 mas
l resultado que da la fórmula de Madrid, lo cual viene á ser
lel valor que da la espresada fórmula; pero por defecto, es de-
que al valor obtenido por dicha fórmula de Madrid le falta
para ser el verdadero; lo que es de bien pequeña consideracion.
i hiciéramos el cálculo por el supuesto de los demas Autores de
luir la variacion de la gravedad, hubiéramos obtenido 2286293
úbicos, como lo hemos verificado (12); en este caso resultan
pies cúbicos de mas; lo cual equivale á $\frac{1}{877}$ del resultado ver-
o, que ya merece mas consideracion; y es cerca de tres veces
r este error que el que resulta por la fórmula de Madrid.

Si se tratase de resolver el mismo ejemplo para la localidad
irgos, deberémos tomar en vez de g el valor 35,1035 pies,
emos obtenido para la gravedad (5 ej. 2.°); lo que nos da
esultado 2283053 pies cúbicos. Este valor, comparado con el
ido para Madrid, solamente tiene 240 pies cúbicos mas; dife-
a que es de bien pequeña consideracion, pues solo equivale
; pero si hiciéramos el cálculo por el supuesto de los demas
res, de no influir la variacion de la gravedad, obtendríamos
2) 2286293; valor que escede al verdadero en 3240 pies cú-
; que es de consideracion, pues equivale á $\frac{1}{705}$ del verdadero; y
lta un error 13 veces mayor que el dado por la fórmula de
lrid.

17 Resolviendo el mismo ejemplo para la localidad que ocupa

na de Peñalara, en que hemos hallado (5 ej. 3°) que l
la gravedad es 35,0843 pies, deberémos sustituir,
este valor y obtendrémos por resultado 2282428; el cu
con el obtenido por la fórmula de Madrid, tiene 3
s ménos, diferencia que no es de mucha consideracion
uivale á $\frac{1}{5941}$; pero si se hiciera el cálculo por el supu
nas Autores, se obtendría (§ 12) 2286293, valor que
ladero en 3864 pies cúbicos, que es de mucha consid
quivale á $\frac{1}{591}$ de dicho valor, y este error es 10 veces
que da la fórmula de Madrid.

Si se resuelve el mismo ejemplo para la localidad de
berémos sustituir en vez de g el valor 35,1169 que
ló para la gravedad en dicho punto (5 ej. 4°), y o
283489; que comparado con el de Madrid tiene 676
nas; diferencia de poca consideracion; pues solo equival
i hiciésemos el cálculo por el supuesto de los demas
amos obtenido (§ 12) 2286293, valor que escede al
2804 pies cúbicos, que ya es considerable, pues equiva
rdadero; cuyo error es 4 veces mayor que el de la
adrid.

Si se resuelve el mismo ejemplo para Manzanares de
en que la gravedad es g=35,0887, hallamos por r
572, que solo le escede el de Madrid en 241 pies, q

el de Madrid, que es 2282813, resulta tener 1967 pies de
os, que no es despreciable aunque solo equivale á $\frac{1}{1161}$. Pero si
éramos el cálculo por el supuesto de los demas Autores, obten-
mos 2286293, que escede al verdadero en 5447 y equivale á $\frac{1}{419}$
ste, y es un error cerca de 3 veces mayor que el anterior.

Si resolvemos dicho ejemplo para la misma localidad que ántes
la altura del límite inferior de las nieves perpétuas, donde
35,04445, hallarémos 2281132; el cual comparado con el ob-
lo para Madrid tiene 1681 pies cúbicos ménos que este, que
equivale á $\frac{1}{1358}$. Pero comparado con el obtenido por lo que di-
los demas Autores, resultan 5161 pies cúbicos ménos, que es
de $\frac{1}{442}$, y es 3 veces mayor que el de la fórmula de Madrid.

Resolviendo el mismo ejemplo para la localidad de la *Sierra de*
r, donde g=35,05093, hallamos 2281343, que tiene 1470
ménos que el resultado de Madrid; error que no es de poca con-
acion, pues equivale á $\frac{1}{1553}$ del valor que da la fórmula de Ma-
siendo así que la de los demas Autores, causa una diferencia
950, que es cerca de $\frac{1}{461}$ del resultado verdadero, y por consi-
te mas de 3 veces mayor que el de mi fórmula para Madrid.

Haciendo la aplicacion respecto de Córdoba, donde (§ 5 ej. 9°)
ne g=35,0865, hubiéramos hallado 2282500, que escede al
ado para Madrid en 313 pies, y es por lo mismo un error
$\frac{1}{93}$ del que da la fórmula de Madrid, siendo así que el verda-
resultado tiene 3793 pies cúbicos ménos que el que da la fórmula
s demas Autores, y es el error $\frac{1}{602}$ del resultado verdadero, y
onsiguiente 12 veces mayor que el anterior.

Si se resuelve el mismo ejemplo para la localidad de Tarifa,
g=35,0797 pies (5 ej. 10°) hallamos 2282279, que tiene
pies ménos que el de Madrid, y da un error espresado por $\frac{1}{4275}$
esultado de Madrid; escediendo el que da la fórmula de los de-
Autores al verdadero en 4014, error que es $\frac{1}{569}$ del verdadero,
ne á ser mas de 7 veces mayor que el error anterior.

Si se resuelve el mismo ejemplo para el primer caso de la
lidad del *pico de Teide* (5 ej. 11°), hallamos 2279482, que
3331 pies ménos que el de Madrid, error que es de considera-
, pues equivale á $\frac{1}{685}$ de dicho resultado de Madrid; y teniendo
verdadero 6811 pies ménos que el que da la fórmula de los de-
Autores, el error es de $\frac{1}{335}$ del verdadero, que es mas de 2 ve-
mayor que el anterior.

Si se resuelve el mismo ejemplo con relacion á dicha locali-

altura del límite inferior de las nieves perpétuas, don
73, el resultado es 2279937, que tiene 2876 pies m
de Madrid, y el error viene á ser $\frac{1}{794}$ de este; y como
verdadero tiene 6356 pies ménos que el que da la fórmu
as Autores, el error es cerca de $\frac{1}{359}$; y viene á ser m
mayor que el anterior.

esuelve el mismo ejemplo para la espresada localidad,
nar, donde g=35,04147, el resultado es 2281035, q
778 pies cúbicos ménos que el de Madrid; lo que da
$\frac{1}{28}$, con corta diferencia, y escediendo el resultado de
ores al verdadero en 5258, se cometería un error de
ca de 3 veces mayor que el anterior.

se resuelve el mismo ejemplo para la localidad de la H
ej. 12.°), donde se tiene g=35,0184; el resultado
que difiere del de Madrid en 2529, y el error viene
ro con relacion al resultado que da la fórmula de los d
es, la diferencia es 6009 y el error $\frac{1}{379}$, que es mas
mayor que el anterior.

se resuelve el mismo ejemplo para la localidad de Mani
) se tiene g=34,9891; y el resultado es 2279330, q
ara el de Madrid 3483 pies; y el error viene á ser
cia con relacion al resultado de la fórmula de los dem
6963, que da un error próximamente de $\frac{1}{327}$, que es

=34,93616, el resultado 2277605 tiene 5208 pies ménos que correspondiente á Madrid, y se comete un error de $\frac{1}{438}$. Pero si comparamos con el de la fórmula de los demas Autores la diferencia es 8688, y el error $\frac{1}{262}$, que es casi doble del anterior.

Si resolvemos el mismo ejemplo para la localidad del ecuador al nivel del mar, donde g=34,96845, el resultado es 2278657; que tiene 4156 pies ménos que el de la fórmula de Madrid, y el error asciende á cerca de $\frac{1}{549}$ del valor que da la fórmula de Madrid. Pero si se compara con el que da la de los demas Autores, la diferencia es 7636 y el error viene á ser $\frac{1}{298}$, que es muy cerca de dos veces mayor que el anterior.

28 Si resolvemos el mismo ejemplo para la cima de *Himâlaya*, donde g=34,9651, el resultado es 2278548; que comparado con el de Madrid, tiene 4265 pies ménos; lo que produce un error de $\frac{1}{537}$ con corta diferencia. Pero comparado con el de la fórmula de los demas Autores, tiene 7745 pies ménos, y el error es $\frac{1}{294}$ con corta diferencia, que es cerca de dos veces mayor que el anterior.

29 *Consecuencia general.* Queda pues demostrado con la mayor evidencia, que *por ningun título se puede considerar la fuerza de la gravedad como una constante absoluta, sinó para localidades que disten poco en latitud y en que la diferencia de altura sobre el nivel del mar no sea de mucha consideracion; y que por lo mismo las fórmulas que se vean en los Autores, cualquiera que sea la celebridad y reputacion de estos, que no contengan indeterminada la gravedad, no pueden ser aplicables á paises distantes de aquellos en que se han formado los cálculos; y que para dichas localidades es indispensable hacer uso de las fórmulas que yo presento; en las cuales la fuerza de la gravedad se halla indeterminada: siendo indispensable, al hacer las aplicaciones, determinar ante todas cosas la fuerza de la gravedad, por el método espuesto* (5), *para sustituirla en nuestras fórmulas generales.*

Y que contrayéndonos á nuestra España peninsular, *se podrá en muchos casos hacer aplicacion de la fórmula que contenga la gravedad de Madrid; en el concepto de que el mayor error que se podrá cometer por defecto es* $\frac{1}{2600}$, *que no es de consideracion, y que no escede al límite de los errores que pueden dar las demas determinaciones, y el mayor error que se puede cometer por esceso asciende solamente á* $\frac{1}{1161}$, *del valor calculado para la localidad de Madrid*; pero como esto es solo en un caso muy raro, cual

es el de suponer que se tratase de hacer aplicacion en el punto mas alto del pico de *Mulhassem* en la Sierra Nevada de Granada, á donde no consta que persona ninguna haya subido, ni probablemente jamas subirá, podemos establecer *que no resultarían graves inconvenientes de tomar las fórmulas, calculadas para Madrid, como adecuadas para todas las localidades de la Península.* No obstante, la persona á cuyo cargo corra el hacer las aplicaciones, sabrá el grado de exactitud que le conviene obtener; y si este mayor grado de rigor no compensa el trabajo de calcular la fuerza de la gravedad, puede hacerlo por la fórmula correspondiente á Madrid.

30 Pero si aun quisiese valerse de las fórmulas para Madrid, podría despues hacer la correccion oportuna del modo siguiente.

Para la Zona comprendida entre los paralelos 39° y 42° de latitud, que abraza por la parte del norte, todo el territorio de Castilla, comprendido por Ciudad-Rodrigo, Salamanca, Zamora, Valladolid, Rioseco, Avila, Segovia, Osma, Soria, Calatayud, Zaragoza, Sigüenza, Guadalajara, Cervera, Lérida, Tortosa, Tarragona, Manresa y Barcelona; y por el mediodia todo el territorio que ocupan Toledo, Aranjuez, Plasencia, Coria, Trujillo, Huete, Cuenca, Segorve, Valencia, Mallorca y Menorca, se podría hacer uso de las fórmulas de Madrid, sin necesidad de ninguna correccion al resultado.

Para toda la Zona ó territorio comprendido entre los paralelos 42° y 43°, que es la estension que ocupan Búrgos, Astorga, Orense, Santiago de Galicia, Frias, Arnedo, Logroño, Vitoria, Pamplona, Tafalla, Jaca, Tudela, Sangüesa, Urgel y Gerona, se podría hacer uso tambien de la fórmula de Madrid, añadiendo al resultado que se obtenga el valor de $\frac{1}{9512}$ del obtenido por la fórmula de Madrid.

Para el territorio comprendido desde el paralelo 43° hasta el mar, que es la posicion de Vergara, Bilbao, Tolosa, Fuenterrabia, Irun, San Sebastian, Oviedo, Castropol, Rivadéo, Mondoñedo, Betanzos, Ferrol y la Coruña, se podrá hacer uso de la fórmula de Madrid, añadiendo al resultado que ella dé, el valor de $\frac{1}{3377}$ del mismo resultado.

Para el territorio comprendido entre el paralelo 38° y 39°, que se halla ocupado por Manzanares, Llerena, Mérida, Badajoz, Alcaraz, Chinchilla, Villena, Alicante é Iviza, se podrá hacer uso de la fórmula de Madrid, añadiendo despues á lo que se obtenga $\frac{1}{9412}$ del mismo resultado.

Y para toda la parte meridional de la Península desde el gra

38 de latitud, en cuyo territorio se halla Córdoba, Bujalance, ntilla, Granada, Málaga, Lorca, Motril, Almería, Ronda, Utre- Sevilla, Carmona, Moguer y Cádiz, se puede hacer uso de la fór- la de Madrid, añadiendo al resultado $\frac{1}{7293}$ del mismo.

31 Al terminar este punto, no puedo ménos de advertir, que nos hecho aplicacion á todas las localidades que puede presentar superficie del Globo Terrestre, hasta mas arriba de la region de nieves perpétuas, tanto en la Sierra Nevada de Granada, como el pico de *Teide*, Chimbórazo é Himâlaya, aunque en realidad fórmulas del movimiento de las aguas, no pueden tener aplica- n, por cuanto allí el agua en su estado natural jamas puede ha- se líquida, en la superficie del terreno; mas, sin embargo, no eso dejará de ser posible, la aplicacion á las mencionadas altu- ; pues hay varias minas, principalmente las de plata, que se ha- mucho mas altas que las nieves perpétuas, y dentro de las mi- el agua está en su estado de liquidez, y por consiguiente tienen aplicacion inmediata y aun muy útil, conveniente y necesaria, as las fórmulas del movimiento de las aguas contenidas en esta a; mayormente cuando en la actualidad, para el trasporte del neral en lo interior de las minas, se van estableciendo canales terráneos, que proporcionan unas ventajas inmensas á los Propie- ios ó Empresarios que las benefician.

32 La (ec. 7) contiene cuatro cantidades indeterminadas, á sa- q, t, k y h; pues la letra g espresa la fuerza de la gravedad, es determinada en cualquier parage del Globo y que se puede llar en virtud de lo espuesto (5); luego siempre que se den cono- las tres de las espresadas cantidades, por medio de dicha fórmu- podrémos encontrar la cuarta. La espresada (ec. 7) nos da inme- tamente el gasto, cuando se conoce el tiempo, la superficie del ficio y la carga.

33 Si supusiéramos conocida la superficie del orificio y la car- ; y deseáramos saber el tiempo que se necesitaba para producir gasto determinado, despejaríamos t en la citada ecuacion, y ndríamos $t = \frac{Q}{k \times \sqrt{2g \times h}}$ (8); la cual nos dice que *para hallar el empo cuando es conocido el gasto, la superficie del orificio y la arga, se multiplicará el duplo de la fuerza de la gravedad or la carga; de esto se estraerá la raiz cuadrada; dicha raiz e multiplicará por la superficie del orificio; y por el producto*

, *se dividirá el gasto; y el cociente, que se ob-*
esará el tiempo buscado.

Si se nos pidiese averiguar en Madrid, ó en cual-
que tenga la misma situacion, cuanto tiempo debia es-
n orificio embudado, de forma rectangular, que uno de
iese 5 pulgadas, el otro 4, y en que la carga fuese fi
producir 1000 pies cúbicos de agua; practicando la re-
o de establecer, deberé multiplicar el duplo de la fuer-
ıvedad en Madrid, que es 70,1922 pies, por la carga,
el caso presente, 6 pies; lo que da 421,1532; estrái-
adrada de este número y encuentro 20,522017. Ah-
ontrar la superficie del orificio, deberémos espresar su
en quebrados de pie, lo que da $\frac{5}{12}$ y $\frac{4}{12}$; y multiplicá-
sí, hallo $\frac{20}{144}$, que simplificando (131 Art. de N), s
$\frac{5}{36}$, que reducido á fraccion decimal, se trasforma e
te.; y como la cuarta cifra es 8 y lo mismo las de
omar 0,139 para la superficie del orificio espresada e
nal de pie cuadrado; la que multiplicada por la rai
iormente, esto es, por 20,522017, da 2,85256;
dividido el gasto, que es 1000 pies cúbicos, por el n
, saco por cociente 350,6; que espresa el número d
se necesitan para producir en las circunstancias d
gasto de los 1000 pies cúbicos que se deseaban.

de 10 *pies*, *diese* 8 *pies cúbicos de agua*, practicando la
hallaríamos que la superficie del espresado orificio debía ser
02 de pie cuadrado.

hora, segun se quiera que el orificio sea cuadrado, rectangular,
ıal ó circular, se hallarán sus dimensiones por las reglas de la
tría. Así es, que si quisiéramos que fuese cuadrado, no ten-
s mas que estraer la raiz cuadrada de este número y obten-
s 0,0549 de pie, que vienen á ser unas 8 líneas. Por consi-
, haciendo un orificio cuadrado en que el lado fuese de 8 lí-
se tendrá el orificio que dará el gasto pedido, en las circuns-
enunciadas *.

---

os que estén bien impuestos en la Geometría no hallarán dificultad
ntrar las dimensiones que convengan á una figura, para que ten-
superficie dada; pero en obsequio de los que no tengan todo el
conocimientos geométricos, voy á insertar aquí una tabla, por cu-
o lo podrán conseguir; la cual al mismo tiempo será útil tambien
reviar el trabajo aun á los mismos inteligentes.

n que están calculadas las partes de los diez primeros polígonos
ıres, tomando por unidad el radio recto de cada polígono.

os regu-res.	Radio recto.	Radio oblicuo.	Lado.	Perímetro.	Superficie.
gulo	1,0000	2,0000	3,4641	10,3923	5,1962
rado	1,0000	1,4142	2,0000	8,0000	4,0000
gono	1 0000	1,2361	1,4531	7,2654	3,6327
ono	1,0000	1,1547	1,1547	6,9282	3,4641
ono	1,0000	1,1099	0,9631	6,7420	3,3710
ono	1,0000	1,0824	0,8284	6,6274	3,3137
ono	1,0000	1,0642	0,7279	6,5515	3,2757
ono	1,0000	1,0515	0,6498	6,4984	3,2492
ágono	1,0000	1,0422	0,5873	6,4598	3,2299
ágono	1.0000	1,0353	0,5359	6,4308	3,2154

pre que, en un polígono regular, se dé conocida una de estas
sas, el *radio recto*, *el radio oblicuo*, *el lado del polígono*, *la super-*
l perímetro, se pueden hallar, con el auxilio de la tabla preceden-
otras cuatro cosas del modo que sigue.

entra la superficie, en lo que se da conocido, ni es lo que se bus-
ormará esta proporcion ó regla de tres.

úmero que se halla en la tabla, *de la misma especie*, *ú homólogo al*
a conocido, *es á este*, *como la parte que se halla en la tabla*, *que sea*
a con la que se busca, *es el cuarto término*, *que espresará la*
iscada.

parte que se da conocida, es la superficie. la proporcion ó regla
se formará de este modo.

uperficie que corresponde al polígono, *por la tabla*, *es á la superficie*
a conocida, *como el cuadrado del número que se halla en la tabla*

en la misma (ec. 7) despejamos la h, tendrémos

—— (10); cuya ecuacion nos manifiesta que *para hallar*
$\times k^2$

ó lo que es lo mismo, la altura ó diferencia de ni-

---

a parte que se busca, es al cuarto término, que será el cuadra-
e buscada; y estrayendo la raiz cuadrada (228 *Ar. de N.*) *a*
te que se desea.

.e buscada fuese la superficie, deberíamos formar la propor-
de tres del modo que sigue.

ıdo del número que en la tabla corresponde al homólogo de la
la, es al cuadrado del valor de esta, como el valor de la super-
esponde en la tabla, es al cuarto término que resulte; el cua
superficie que se deseaba encontrar.

ıplo. Supongamos que se quiera determinar el radio recto
ɔlícuo del cuadrado, que hemos supuesto servir de orificio e
esuelta (§ 9). Sabemos que la figura es un cuadrado, cuyo la
; y como *un pie en cuadro es lo mismo que un pie cuadrado* (22
aquí puedo hacer uso de conocer el lado, que es de 1 pie lo
de conocer la superficie, que es 1 pie cuadrado; el primer s
ervirá para encontrar el radio recto, y el segundo para dete
lio oblícuo, á fin de familiarizar bien al lector en la aplica
gla.

erminar el radio recto, pues que conocemos el lado, diréme
que corresponde al lado del cuadrado en la tabla, porque
conocido, es el lado del cuadrado): 1 (lado conocido del cu
radio recto correspondiente al cuadrado en la tabla): al cuar
e debe representar el *radio recto* correspondiente al cuadra
n que tiene por lado 1 pie longitudinal.

ontrar este cuarto término, multiplico el segundo término

é ha de haber entre la superficie del agua en un depósi- el centro del orificio, cuando es conocido el gasto, el y la superficie del orificio, se dividirá el cuadrado del por lo que resulte de multiplicar el duplo de la fuerza gravedad por el cuadrado del tiempo y por el cuadrado superficie del orificio.

mplo. Si en Vergara se quisiera determinar la carga ó al- que el agua de un depósito debía estar, sobre el centro de un ; para que en una hora suministrase 9000 pies cúbicos de por una abertura rectangular, de forma embudada y de 3 s de ancho por 4 pulgadas de largo, empezaría por reducir as dimensiones 4 y 3 pulgadas, que vendrian respectivamen-

---

seguirémos determinando el lado y el radio oblícuo. Para encon- lado, puesto que conocemos la superficie, plantearémos la cues- modo siguiente:

0 (superficie del eptágono en la tabla): 0,00302 (superficie conoci- eptágono que tratamos de construir):: 0,9276 (cuadrado del lado que se halla en la tabla): al cuarto término, que saco ser 0,000831, el cuadrado del lado que busco; y estrayendo la raiz cuadrada, que dicho lado del eptágono que busco es 0,0288 de pie, que hacen s de 4 líneas.

encontrar el radio oblícuo, establecerémos la proporcion ó regla siguiente:

0 (superficie de la tabla): 0,00302 (superficie conocida):: 1,2319 do del valor 1,1099 correspondiente al radio oblícuo de la tabla): o término que resulta ser 0,001104, cuya raiz cuadrada es 0,03323 que hacen 4 líneas y muy cerca de ocho décimas de línea. Por ente, si con un radio de 4 líneas y ocho décimas de otra línea, tra- n círculo, y con una abertura de compás, igual con 4 líneas, que o, vamos señalando puntos en la circunferencia, y unimos los pun- diatos de dos en dos, resultará construido el eptágono regular, dría por superficie 0,00302 de pie cuadrado, y por consiguiente, fará á la cuestion.

ismo se debería practicar si se quisiera que el orificio tuviese la fi- cualquier polígono regular de la tabla.

caso de que el orificio debiese tener la forma rectangular, busca- los números, cuyo producto fuese igual á 0,00302, ó lo mas próxi- posible. Aquí, despreciando el último guarismo 2, que está en el gar decimal y por consiguiente es de poca influencia, se presen- almente los números 0,05 y 0,06, que producen el 0,0030; por lo ado para uno de los lados del rectángulo 0,05 de pie, que viene ler á 7 líneas y dos décimas partes de otra línea, y por altura, ó tro lado, 0,06 de pie, que equivalen á 8 líneas y sesenta y cuatro de otra línea, tendrémos uno de los rectángulos que satisfarían o mismo sucedería si se eligiesen por lados del rectángulo y 0,03; y tambien los 0,15 y 0,02; que cumplen con la ducir por su multiplicacion respectiva la superficie pro- ro si no hay algun motivo particular, se deben preferir e mas aproximen el rectángulo á tener la figura cuadrada.

te espresadas por $\frac{4}{12}$ y $\frac{3}{12}$, ó simplificando por $\frac{1}{3}$ y $\frac{1}{4}$; que multiplicados entre sí, dan $\frac{1}{12}$ de pie cuadrado; lo que, reducido á fraccion decimal de pie cuadrado, da 0,08333 &c.; y formando su cuadrado, se obtiene 0,006944.

Hecho esto, multiplico 12960000 cuadrado del tiempo, que son 3600 segundos, por el duplo de la fuerza de la gravedad, que en este caso es (§ 5 ej. 4.°) 70,2338 y hallo 910230048; multiplico este número por el cuadrado de la superficie del orificio que es 0,006944, y encuentro 6320637,45; por cuyo número divido el cuadrado 81000000 del gasto 9000; y hallo por último 12,8 que es la carga espresada en pies; lo cual nos quiere decir que *la altura del agua en el depósito debe ser de* 12 *pies y* 8 *décimas partes de otro pie, que son cerca de* 13 *pies.*

36 Hemos dicho que k en la fórmula (7) espresa la superficie del orificio, cuya figura puede ser cualquiera de las que se consideran en la Geometría; pero como gran parte de los orificios son circulares, vamos á poner aquí la trasformacion que conviene á la espresada fórmula cuando el orificio es circular.

Para esto, no tenemos que hacer otra cosa que poner en vez de k la superficie de un círculo, ya con relacion al diámetro, ya con relacion al radio, ya con relacion á la circunferencia. En virtud de lo espuesto (§ 522 cor. 1.° I T. E) con relacion al diámetro, que espresarémos por D, tendrémos

$$Q=0{,}7853981634\times D^2\times t\times\sqrt{2g\times h}\ (11);$$

Con relacion al radio, que espresarémos por R, tendrémos

$$Q=3{,}1415926536\times R^2\times t\times\sqrt{2g\times h}\ (12);$$

y con relacion á la circunferencia, será

$$Q=0{,}0795774715\times C^2\times t\times\sqrt{2g\times h}\ (13).$$

37 De estas ecuaciones, la que por lo general se aplica mas frecuentemente es la (11); por lo cual, es la que traducirémos en regla, diciendo que, *para encontrar el gasto, se debe multiplicar el duplo de la fuerza de la gravedad correspondiente al parage de que se trate, por la carga ó altura; de este producto se estraerá la raiz cuadrada; esta se multiplicará por el tiempo que dure el desagüe espresado en segundos; el producto que resulte se multiplicará por el cuadrado del diámetro del orificio, y este producto se volverá á multiplicar por el número constante* 0,7853981634 (*tomando los guarismos que se juzguen convenientes á la importancia de la cuestion, que en general se deberán*

r tantos guarismos decimales mas uno, como guarismos en os contenga el producto anterior, para que no resulte nin- rror sensible); *y el producto espresará el gasto en pies cúbicos.*

j. Supongamos que se quiera determinar el gasto producido anzanares de la Mancha, durante 3 horas, por un orificio cir- de dos pulgadas de diámetro y forma embudada, siendo 4 la carga ó altura del nivel del agua en el depósito sobre el cen- e dicho orificio.

En dicha localidad, se sabe que $g=35,0887$ pies (5 ej. 6°); du- este número y hallo 70,1774; multiplico esto por 4 altura ivel del líquido sobre el centro del orificio, y encuentro 280,7096, raiz cuadrada es 16,75439; multiplico esta raiz por el tiempo sado en segundos, que es 10800 y hallo 180947,412, lo que plico por el cuadrado de $\frac{2}{12}=\frac{1}{6}$, que es $\frac{1}{36}$, lo que está reducido á r el número anterior por 36; y da 5026,317. Multiplico esto ,785398, que es aquí suficiente aproximacion, por contener el ,317 cuatro guarismos enteros, y hallo por último 4026 pies s que espresan el gasto pedido.

Si en la (ec. 11), despejamos la t, nos resultará

$$\frac{Q}{7853981634\times D^2\times\sqrt{2g\times h}}$$ (14); que nos servirá para deter-

r el tiempo que ha durado el desagüe cuando se conozca el gas- e haya de producir ó haya producido; el diámetro del orificio, y rga ó altura del líquido sobre su centro; y traducida en re- os dice, que *para encontrar el tiempo, se multiplicará el del valor que corresponde á la fuerza de la gravedad por rga ó altura; del producto, se estraerá la raiz cuadrada; raiz se multiplicará por el cuadrado del diámetro espresado es ó fraccion de pie; el producto que se obtenga se volverá ltiplicar por el número constante* 0,7853981634; *y se divi- el gasto por el producto hallado.*

j. Supongamos que se nos pida encontrar el tiempo que de- trascurrir para obtener en Valencia, un gasto de 2400 pies os cuando el orificio de un depósito sea embudado y de 4 pul- s, de diámetro, y la carga ó altura de 2 pies.

Practicando las operaciones dichas, hallo por último 2321 se- los, que componen 28 minutos y 41 segundos.

9 Si en la misma (ec. 11), despejamos el diámetro, tendré-

mos $D=\sqrt{\dfrac{Q}{0{,}7853981634\times t\times\sqrt{2g\times h}}}$ (15); que traducida en regla nos dice, que *cuando se necesite hallar el diámetro que deba tener un orificio para que, en un tiempo conocido y con una carga dada, produzca un gasto determinado, se deberá multiplicar le duplo de la fuerza de la gravedad por la carga ó altura; del producto que resulte estraer la raiz cuadrada; multiplicar esta por el tiempo espresado en segundos; el producto que se obtenga, volverle á multiplicar por el número constante* 0,7853981634; *dividir por este número el gasto, y del cociente que resulte, estraer la raiz cuadrada.*

Ej. Supongamos que se trate de hallar el diámetro que deba darse á un orificio circular, para que en el punto mas alto de nuestra Península, que es el Pico de *Mulhassem ó Muley-hasen*, produzca en 20 minutos con una carga ó altura de 4 pies un gasto de 400 pies cúbicos.

Siguiendo la regla dada, teniendo presente que en dicho parage la fuerza g, de la gravedad es 35,03566 (5 ej. 8.°), hallo por último para el cuadrado del diámetro el número 0,02535067; y para el mismo diámetro 0,1592 de pie, ó 1,9104 pulgadas.

Debemos advertir, para no inducir á error, que este caso no puede ocurrir en aquel parage, sinó es debajo de tierra ó artificialmente; pues debiendo haber nieves perpétuas en aquella localidad, el agua no puede hallarse líquida. Si por algun medio natural ó artificial se verificase allí la fusion de las nieves y fuese saliendo el agua por un orificio como el de la cuestion, se verificaría el fenómeno de irse helando el agua conforme fuese saliendo del orificio.

40 Si en la misma (ec. 11) despejamos h, sacarémos $h=\dfrac{Q^2}{(0{,}7853981634)^2\times(D^2)^2\times t^2\times 2g}$ (16); cuadrando el número constante y multiplicando el cuadrado por el 2 que afecta á la g, tendrémos $h=\dfrac{Q^2}{1{,}2337000368(D^2)^2\times t^2\times g}$ (17); que traducida en regla, nos manifiesta que *para encontrar la carga ó altura que deberá darse á un depósito de agua para que, en un tiempo dado, produzca mediante un orificio conocido, un gasto determinado, se deberá multiplicar la fuerza de la gravedad en el*

rage de que se trate, por el cuadrado del tiempo espresado *segundos; el pruducto que se obtenga, se volverá á multi-* *icar por el cuadrado del cuadrado del diámetro del orificio;* *te producto se volverá á multiplicar por el número constan-* 1,2337000368, *y dividiendo el cuadrado del gasto por el* *roducto últimamente hallado, se tendrá la espresada carga ó* *ltura que se buscaba.*

Ej. Supongamos que se nos pregunte qué altura deberémos r á un depósito de agua en Córdoba, para que en 10 minutos r un orificio de forma embudada, cuyo diámetro sea de 4 pulga- s produzca un gasto de 500 pies cúbicos.

Puesto que en dicho parage (5 ej. 9.°) se tiene g=35,0865 es, practicando la regla, encuentro 1,2995 pies, que valuado en lgadas y líneas, obtengo 1 pie 3 pulgadas y 7 líneas.

41 El resultado que da la (ec. 7) y demas que hemos dedu- o de ella, supone ó que el vaso está colocado en el vacío, ó que atmósfera ejerce igual presion sobre la superficie superior del ido, y sobre la rebanada ó capa colocada en el orificio y no tie- ninguna influencia sensible sobre el movimiento del fluido. Su- gamos ahora que el agua, que sale del vaso, en lugar de pa- al aire, vaya á parar á otro vaso en que el nivel del fluido se servase constantemente en ab (fig. 14). Llamemos H la altura nivel AB sobre cd, y h la altura del nivel ab sobre cd; en este o, la capa ó rebanada colocada en cd, sosteniendo de abajo ar- a una presion debida á la carga h, que destruye una parte de carga que sostiene de arriba abajo, el movimiento de esta ca- solo es debido á la presion de una columna, cuya altura es $-h$. Luego se tiene entónces para la velocidad en el orificio $\sqrt{2g(H-h)}$ (18). Y espresando por k la superficie del orificio por t el tiempo de la evacuacion espresado en segundos, y por el gasto, ó la cantidad de agua que sale en todo este tiempo ultará $Q=t\times k\times\sqrt{2g(H-h)}$ (19). La cual, traducida en regla, dice: *que la diferencia entre las dos alturas del agua en el pósito de entrada y en el de salida, se multiplique por el du- lo de la fuerza de la gravedad en el parage donde se opera; e esto se estraiga la raiz cuadrada; que esta raiz se mul- e por la superficie del orificio; y lo que resulte, se vuel- multiplicar por el número de segundos que dura la eva-*

lo que nos dará el gasto en el espresado tiemp
Supongamos que en Valencia se tenga que el vaso
zca constantemente lleno, y que la altura de su
orificio *cd* sea 15 pies; que la altura del nivel *ab*, e
salida sobre *cd* sea tambien constante y de 4 pies; y
de este segundo vaso, para que no varíe de nivel,
por una abertura cualquiera, tal como *m*; que el orificio
ado de 3 pulgadas de lado; y que tenga la forma en
no indica la figura, durando la evacuacion dos horas.
este caso, la diferencia de nivel entre *ab* y *AB*, ó lo
$H-h$ estará aquí representado por $15-4$, y equivale á
ndo (5 ej. 7.°) en dicha localidad, $g=35{,}0978$. La
presenta la superficie del orificio, que, espresada en
pie cuadrado; el tiempo que dura la evacuacion,
o ser de 2 horas, que reducidas á segundos por lo d
de N.), hallo $t=7200$. Ahora, multiplico 11, que es la
de las alturas, por el duplo de g, que es 70,1956, y
1516; de este número, estraigo la raiz cuadrada y en
876. Multiplico este resultado por $\frac{1}{16}$, que es la supe
io, lo que equivale á dividirle por 16 y obtengo 1,7
multiplicar este número por el tiempo espresado en se
es 7200, y hallo finalmente 12504 pies cúbicos.
Si el agua sufriese desigual presion en la superficie del

as de las diversas operaciones industriales ó investigaciones
s, que la superficie superior del depósito sea la que tenga
resion; pero como si ocurre alguna vez este caso, es en cir-
ias raras, y en que los que se ocupan de la espresada mate-
éen los conocimientos necesarios para poder manejarse por sí,
l de lo que esponemos en el parage citado, nos contraerémos
o al caso en que la presion en el orificio es mayor que en la
e del depósito. Entónces, por lo espuesto (§ 570 Mec.); si
s v la velocidad con que sale el agua por el orificio, h la car-
tura del agua en el depósico, p la altura á que equivale la
resion atmosférica que hay en el orificio, y g la fuerza de
dad, tendrémos $v=\sqrt{2g(h-p)}$; en este caso el gasto, análo-
la fórmula (7), será $Q=t\times k\times\sqrt{2g(h-p)}$ (20); y si el ori-
se circular, se tendrá

$=0{,}7853981634\times D^2\times t\times\sqrt{2g(h-p)}$ (21).

métodos se pueden seguir para determinar el valor que ten-
l uno es hallar la diferencia de presion por un barómetro;
, se coloca un barómetro lo mas próximo de la superficie
ísito, y otro lo mas próximo á la superficie del orificio; se ve
s la altura del mercurio en la superficie del depósito; al mis-
po se ve la del barómetro que está próximo al orificio; se
una de la otra; y la diferencia de estas alturas, se mul-
por 13,5, porque *el mercurio es trece veces y media mas que el agua*, y el producto espresará el valor de p. Si no
mas de un solo barómetro, se coloca el mismo en el un pa-
despues en el otro, mediando el menor intervalo posible de
Se restan las dos alturas del mercurio en el barómetro, y el
o se multiplica por 13,5, lo que dará el valor de p. Es
le la observacion simultánea de los dos barómetros, y es
que estos, ántes ó despues de la observacion, se compa-
o es, se vea si, colocado el uno al lado del otro, dan una
altura; si no la dan, se hará la debida correccion ántes de
icar por 13,5.

Supongamos que se quiere hallar el gasto de un orificio
ulgadas de diámetro en una hora, siendo la carga ó al-
l depósito 300 pies, cuestion que puede ocurrir al querer de-
r por ejemplo el gasto de una fuente en la Granja, en Gra-
kc., donde hay disposicion para este desnivel. Supongamos

que se coloquen los barómetros el uno lo mas próximo á la superfi cie del depósito, y el otro lo mas cerca de la del orificio, y que s haya encontrado que la columna del mercurio en el barómetro d junto al orificio sea de 30,137 pulgadas; y la del que se pusiese e la superficie del depósito fuese de 29,758 pulgadas; si estos bar metros colocados juntos, ántes ó despues de esta operacion, dies igual altura, no teníamos mas que hallar la diferencia de estas d alturas, que es 0,379 de pulgada; y multiplicando por 13,5, resu tan unas 5 pulgadas, que será el valor de p en la fórmula anterio por lo que $h-p$ valdrá 299 pies y 7 pulgadas, ó 299,5833 pies.

Si los dos barómetros, colocados juntos, no diesen la misn altura, sinó que el uno se diferenciase del otro en una décima par de pulgada, esta décima parte se quitaría, ántes de hacer la rest á la altura del barómetro que diese mayor altura, al hacer la com paracion juntos; que si era, por ejemplo, el que se colocó en orificio, la altura de 29,758, quedaba reducida á 29,658; y ha llando la diferencia, se obtendría 0,479; que multiplicando por 13, resultan unas seis pulgadas y media, que sería el valor de p; y qu tando esta cantidad de los 300 pies de altura, resulta 299 pies 5 y media pulgadas, ó 299,4583 pies. Ahora, si suponía que est esperimento se verificaba en la Granja, en que la fuerza de la gra vedad se puede reputar en 35,0838 pies, y que se quisiese averi guar el agua que saldría en 4 horas por un orificio de 6 pul gadas de diámetro, tendríamos para el duplo de la fuerza de la gravedad 70,1676 pies, y por la fórmula (21) sería $h-p=299,4583$ pies; multiplicando estos dos números entre sí, encuentro 21012,27021108; cuya raiz cuadrada es 144,9561. Multiplico este número por la superficie del orificio espresada en pies cuadrados, que se halla multiplicando el factor constante 0,785398 por el cuadrado del diámetro, que es $\frac{1}{4}$, lo que da 0,19635, y obtengo 28,46213; multiplico este número por los 14400 segundos que hay en las 4 horas, y hallo finalmente 409855 pies cúbicos.

El otro método es aplicable para cuando no se tiene barómetro á la mano, y se conoce el desnivel que hay entre la superficie del depósito y la del orificio.

Para este caso puede servir la siguiente

la que contiene la altura vertical que corresponde á la tempe-atura media y presion media de la atmósfera, en Madrid, de nea en línea de diferencia de altura barométrica con la pre-ion equivalente de agua.

Líneas de diferencia en la altura barométrica.	Corresponde la altura vertical espresada en pies españoles de	Equivale á la presion de una columna de agua cuya altura espresada en pies sea de
1.	83. . . .	0,09375
2.	116. . . .	0,18750
3.	249. . . .	0,28125
4.	333. . . .	0,37500
5.	417. . . .	0,46875
6.	501. . . .	0,56250
7.	585. . . .	0,65625
8.	670. . . .	0,75000
9.	755. . . .	0,84375
10.	840. . . .	0,93750
11.	925. . . .	1,03125
12.	1011. . . .	1,12500

El uso de esta tabla es ver la diferencia de nivel que hay entre perficie del orificio y la del depósito; buscar en la segunda co-a de la tabla el número que mas se aproxima á dicha diferen-e nivel, y el número que tenga en frente en la tercera columna, sará la altura de una columna de agua con que se equilibraría ceso de presion que hay junto al orificio.

j. Supongamos que se trate de averiguar el gasto que pro-ía en 15 minutos un orificio circular de 5 pulgadas en la a de Gádor, con una carga de 500 pies.

En este caso, el número que mas se aproxima en la segunda co-a de la tabla es 501, al cual corresponde en la tercera el 250; por consiguiente este será el valor de p; y quitando esta dad de la altura h, que es de 500 pies, tendrémos, que =499,4375; y como en la Sierra de Gádor, se tiene g=35,05093, plicaré el doble de este número que es 70,10186 por 499,4375;

011,49770375; de este número estraigo la raiz cua-
187,11359; multiplico este número por el tiempo 15
cido á segundos, que son 900, lo que da 168402,231;
lico esto por el cuadrado del diámetro; y como este es
las ó $\frac{5}{12}$ de pie, su cuadrado será $\frac{25}{144}$; lo que da
por último multiplico este número por el factor constante
534, y hallo 22962,29 pies cúbicos para el gasto pedido.
mos ahora al caso en que el orificio tuviese una magni-
ble con la de la seccion del vaso ó depósito, y cuya
embudada, cuestion que ocurre con muchísima frecuen-
ndo las denominaciones precedentes, llamémos ademas K
de la seccion superior del vaso *ab* (fig. 13). Como el
enteramente incompresible (§ 485 Méc.), es necesario
el mismo tiempo por todas estas secciones igual canti-
, ó que las velocidades guarden siempre la razon inver-
perficies. Así, la velocidad en *cd* donde la superficie es
h,
la velocidad en *ab* donde la superficie es K, será $\frac{h}{K}$;
elocidad es con la cual se debe concebir que el fluido
perficie *ab*, para mantener el vaso constantemente lleno.
tud de lo que precede, no se puede realizar físicamente
ncia, sino concibiendo que la seccion *ab* es el orificio de

bado de citar $v=\sqrt{2g\left(h+\frac{k^2v^2}{2gK^2}\right)}$; de donde se saca despejando v, para el valor de la velocidad cuando el orificio ya no es muy pequeño, pero que conserva la forma embudada, $v=\sqrt{\frac{2gh}{1-\frac{k^2}{K^2}}}$ (22).

45 Siendo conocida la velocidad en el orificio, lo es tambien su gasto; en efecto, si multiplicamos la velocidad por la superficie k del orificio, tendrémos para el gasto en la unidad de tiempo, que siempre es un segundo en toda espresion que contenga á la fuerza de la gravedad g, la espresion $k\times\sqrt{\frac{2gh}{1-\frac{k^2}{K^2}}}$; y multiplicando esta cantidad por el número de segundos t, y espresando por Q el gasto, se tendrá $Q=t\times k\times\sqrt{\frac{2gh}{1-\frac{k^2}{K^2}}}$ (23) *: de cuya ecuacion

* Hemos deducido esta fórmula en el supuesto de que el orificio es sensiblemente menor que la seccion superior del vaso ó depósito; y si se aplicase al caso de ser la superficie del orificio igual ó mayor que la del vaso ó depósito, deberá dar resultados absurdos como en efecto se verifica; pues si suponemos $k=K$, resulta $Q=\infty$; lo que no puede verificarse siendo finitas todas las cantidades y para todos los valores de h y de t que son las variables de dicha ecuacion: y si queremos aun tomarlo de mas arriba, no tenemos mas que considerar la ecuacion (22) que, en el caso de ser $k=K$, da $v=\infty$, esto es, da un valor *infinito* para la velocidad, cualquiera que sea el valor de h; lo que no puede ser, á causa de que la velocidad solo es funcion de la carga ó altura; y esto lo que nos quiere decir, segun lo espuesto (§§ 534 y 536 de la segunda edicion del T. II part. 2.ª) es que las fórmulas (22) y (23) no convienen en manera alguna al caso de ser $k=K$. Lo que efectivamente sucede, puesto que por una parte se han sacado en el supuesto de que k es sensiblemente menor que K, y por otra debe considerarse que cuando $k=K$, las circunstancias del movimiento se han de apreciar por las fórmulas correspondientes á los tubos de conduccion, encañados, &c., &c.

Cuando $k>K$, tanto el valor de Q (ec. 23), como el de v. (ec. 22) resultan imaginarios: y dan á conocer que es un absurdo el aplicar dichas fórmulas al espresado caso: como en efecto es absurdo el quererlas aplicar al caso contrario á aquel en que están sacadas.

A pesar de esto, algunos Autores y principalmente los Italianos, incurriendo en el abuso indicado (§§ 534 y 536 de la 2.ª edic. del T. II

valernos cuando la superficie k del orificio esceda á $\frac{1}{}$
icie K de la seccion del vaso. Esta ecuacion, traducida
s dice: *que para encontrar el gasto que suministra*
le forma embudada y magnitud sensible, comparada
ficie del depósito, se multiplicará el duplo de la su
avedad por la carga ó altura del agua en el depósito
entro del orificio; esto se dividirá por la diferencia
tre la unidad y el cociente de dividir el cuadrado d
e del orificio por el cuadrado de la superficie del depó
se estraerá la raiz cuadrada; esta raiz se multipli
uperficie del orificio, y el producto se volverá ó m
or el número de segundos que dure el desagüe, y se
asto pedido.

Si en dicha ecuacion sustituimos por g su valor en Ma
5,0961 pies, y estraemos la raiz cuadrada de su d

s $Q=8,3780785\times t\times k\times\sqrt{\dfrac{h}{1-\dfrac{k^2}{K^2}}}$ (24); la cual

) han interpretado mal estos resultados, llegando su d
punto de querer desechar toda la Teoría de los fluido
cta, siendo así que la inexactitud proviene de que ellos
hacer estensivas dichas fórmulas á casos para los que n
las.

en regla, nos dá la siguiente: *para encontrar en la situa-*
e Madrid el gasto de agua que producirá un orificio de
rig. ' id sensible con relacion á la superficie del depósito,
idirá la carga por la diferencia entre la unidad y el co-
de dividir el cuadrado de la superficie del orificio por el
ado de la superficie del depósito; del cociente se estraerá la
uadrada; esto se multiplicará por la superficie del orificio,
l número de segundos que esté saliendo el agua y por
mero constante 8,377935.

Apliquemos esta regla á la misma cuestion (§ 9) supo-
que el depósito no presentase una superficie tan grande co-
del estanque del Retiro, sinó otro estanque pequeño, cuya
icie supondrémos de 20 pies cuadrados; y como la superficie
ificio es 1 pie cuadrado, lo primero que deberémos hacer es
la carga que es 10 pies, por la diferencia entre 1, y el
e de dividir el cuadrado de 1, que es 1, por el cuadrado
que es (223 Ar. de N.) 400, y este cociente es 0,0025.
ndole de 1, resulta 0,9975; dividiendo la carga 10 por 0,9975,
iene 10,025062; cuya raiz cuadrada es 3,1662; que mul-
da por 1 superficie del orificio, da la misma cantidad: la
multiplicada por 86164, segundos que tiene el dia, da
12,4568; y vuelta á multiplicar por el número constante
0785 resulta por último para el gasto pedido 2285744
úbicos; que contiene 2931 pies cúbicos mas que nos dió la
cuestion del (§ 9), lo que en efecto debia verificarse: pues
que el depósito permanezca constantemente lleno, el agua debe
, al entrar en él, una velocidad sensible que aumentará la
enga, solo por razon de la carga.

Mr. Navier, á continuacion de las tablas de *Mr. Belidor*
locidades debidas á diferentes alturas, y alturas debidas á
ntes velocidades, pone otras calculadas por él, y espresadas en
s; pero nosotros debemos advertir que dichas tablas, así como
ue los Autores de Hidráulica ponen análogamente, solo pue-
ervir para la localidad en que se han calculado; y así, en
ña por ningun título se puede hacer uso de las de *Belidor*,
ut, *Prony*, *Genieys*, &c.; y para dar un ejemplo de ello,
varémos que la última altura que pone *Mr. Belidor* en su ta-
el (§ 490) del primer tomo de su *Arquitectura hidráulica*
e, *á* 15 *pies de caida*, *corresponden* 30 *pies de velocidad*
segundo.

como la fórmula (ec. 6), sustituyendo 15 en vez de h
1 en vez de *g*, nos da 32,4 para la velocidad, que
rca de dos pies y medio mas en un segundo, se d
do de dichas tablas, se podrian cometer errores enormis
Cuando la vena del fluido, saliendo por un orificio
pasa al aire, sinó que va á parar á otro vaso que
ido, hay un caso en que la estimacion de la alt
será debida la velocidad teórica del fluido, podria
luidas. Sea *ba* (fig. 15) el nivel del fluido en el vas
y *cd* el orificio. No puede haber ninguna dificultad e
del fluido en el segundo vaso está en *ef* sobre el
o *e* del orificio; entonces la velocidad teórica se d
ncia *be* de los dos niveles, conforme á lo que se ha
Tampoco la hay cuando el fluido se mantiene en e
aso á un nivel *mn* mas bajo que el estremo infer
icio, y la velocidad teórica es entonces la misma q
pasase al aire. Pero cuando la altura *pq* de la su
el del fluido, en el segundo vaso, es intermedia ent
c, *d*, estremos superior e inferior del orificio, las regla
no pueden conducir al verdadero resultado. En este
que se puede hacer, es concebir la altura del o
en dos partes *qp* y *pd*, por el plano de la superfici
el segundo vaso. Se calculará el gasto de la primera

ncontramos 1,1547; y para la superficie, hallamos 3,4641. Ahora, para encontrar la superficie que corresponde al exágono cuyo lado es de 3 pulgadas, que equivalen á 0,25 de pie, formarémos la siguiente proporcion.

1,333 &c. (cuadrado del valor 1,1547 que corresponde al lado del exágono en la tabla) : 0,0625 (cuadrado de 0,25, lado del exágono de la cuestion) : : 3,4641 (superficie que en la tabla corresponde al exágono) : al cuarto término que hallo ser 0,16238 de pie cuadrado; y este número espresa la superficie del exágono, cuyo lado es 3 pulgadas.

La mitad de esta cantidad, que es 0,08119, representa la superficie de la parte del orificio que cubre el agua en el depósito de salida; y la otra mitad es la parte del orificio que sale al aire libre. Por consiguiente, suponiendo que la altura *bp* sobre el centro del orificio sea de 5 pies, tendrémos que averiguar la magnitud de *pc*, que es el radio recto del mismo polígono; y está espresada en este por *x*; lo que conseguirémos por la tabla de la citada nota del (§ 34) formando la siguiente proporcion: 1,1547 (lado del exágono en la tabla) : 0,25 (lado del polígono de la cuestion) : : 1 (radio recto del exágono en la tabla) : al cuarto término, que espresará el radio recto del polígono de la cuestion, y resulta ser 0,2165; por lo cual la altura *db*, será 5 pies, mas 0,2165, que componen 5,2165 pies; y la altura *cb* será 5 pies, ménos 0,2165, que son 4,7835 pies.

Ahora tenémos que resolver dos cuestiones, á saber: una en que la superficie del orificio sea *istki*, que es 0,08119 de pie cuadrado; y la otra en que la superficie del orificio esté representada por *ilrki* tambien de 0,08119 de pie cuadrado.

Para determinar la carga con que debemos suponer que se halla comprimida el agua que sale por el *semi-orificio istki*, deberémos hallar ante todas cosas el centro de gravedad de dicha superficie, y siendo un trapecio, resulta que lo que dista el espresado centro de la base mayor del trapecio, se halla (§ 189 Mec.) *multiplicando el tercio de la línea que une los dos puntos medios de las bases paralelas por el cociente, que resulta de dividir la suma del lado mayor con el duplo del menor, por la suma del lado mayor con el menor.*

Ahora bien, el lado mayor es igual con el duplo del radio oblicuo; por lo que deberémos determinar el expresado radio oblicuo, en virtud de la regla contenida en la nota del (§ 34), ó teniendo presente que el radio oblicuo en el exágono es igual con el lado; lo que

nos da para dicho radio 0,25; su duplo será 0,5; y practicando la regla que acabamos de enunciar, dirémos, el tercio de la línea que une los puntos medios de las bases paralelas es el tercio del radio recto, esto es, 0,0722; este número le multiplico por el cociente 1,3333 &c. que resulta de dividir 1, suma del lado mayor con el duplo del menor, por 0,75, suma del lado mayor 0,5 con el menor 0,25 y encuentro 0,09626, que espresará la distancia del centro de gravedad de la parte *istki*, á la *ik* ó lo que es lo mismo, la distancia *xz*. Por consiguiente la *ux*, se hallará restando esta cantidad del valor del radio recto, y se tendrá 0,12024.

De aquí resulta, que la distancia del nivel *ab* del fluido al centro de gravedad del semi-orificio *istki*, será el valor de *cb*, que hemos hallado ser 4,7835, mas el valor 0,12024 de *xu*, que acabamos de encontrar; luego dicha distancia estará representada por 4,90374; y suponiendo que la operacion se ejecute en Manila, y que la evacuacion dure 10 horas, tendrémos que la fórmula (7) nos dará

$$36000 \times 0{,}08119 \times \sqrt{69{,}9782 \times 4{,}90374} = 54144 \text{ pies cúbicos.}$$

Para encontrar la cantidad de líquido que nos dará la parte *ilrki*, sustituirémos en la fórmula (7), en vez de *h* el valor de *bp*, que es 5 pies, y por *k* el número 0,08119 que representa la superficie de *ilrki*; lo cual nos dará para el gasto de lo que produzca dicha parte

$$36000 \times 0{,}08119 \sqrt{69{,}9782 \times 5} = 54672 \text{ pies cúbicos.}$$

Sumando ahora estos dos resultados, tendré por último, que el gasto total es 108816 pies cúbicos.

CAPÍTULO III.

Modificaciones ó correcciones que se deben hacer á las fórmulas anteriores, ya sea por el efecto de la contraccion de la vena fluida cuando el orificio no tiene la forma embudada ó campaniforme ó ya por estar el líquido en movimiento en los depósitos en que se hacen las aberturas ú orificios.

49 Hasta ahora hemos supuesto que la pared en las inmediaciones del orificio, tenia una forma embudada, parecida en cierto modo á la de una campana, con el objeto de que todos los filetes ó péculas fluidas, que se dirigen á él desde todas las partes del vaso

nque ó depósito, conservasen, al atravesarlas, direcciones pa-
elas entre sí. En este caso, asegura *Mr. Navier*, apoyado en la es-
iencia, que no hay que hacer ninguna reduccion sensible sobre el
sto calculado en virtud de las fórmulas anteriores, que dan lo que
denomina *gasto teórico*; pues que *Mr. Michelotti*, con orificios
que el embudamiento no era completo, solo ha encontrado dife-
ncias de $\frac{1}{40}$, $\frac{1}{50}$ y aun mas pequeñas entre las velocidades efectivas
as teóricas, y por consiguiente entre los gastos efectivos y los teóricos.

Supongamos ahora que el fondo del vaso á través del cual se
lla practicado el orificio, sea un plano horizontal, de poco espesor.
observacion ha enseñado que en esta posicion, las moléculas de
ido que descienden al principio desde la superficie con direcciones
re poco mas ó ménos verticales, habiendo llegado cerca del fondo,
dirigen por todos lados hácia el orificio, como lo indican las lí-
s de puntos de la (fig. 16), que hemos tomado de la Hidrodiná-
a de *Daniel Bernoulli* por ser la primera que hemos visto re-
sentar el fenómeno con precision y exactitud.

Solo el filete fluido correspondiente al centro del orificio es el
conserva al atravesarle, una direccion vertical: todos los otros tie-
direcciones tanto mas inclinadas, cuanto están mas cerca de las
edes del orificio. Mas como todos los filetes del fluido propenden
uardar, despues de salir del vaso, sus direcciones respectivas, se
e que la vena ó chorro no puede conservar un diámetro igual al
orificio, y disminuye de grueso desde que parte de la seccion *ac*,
a que los filetes, por el efecto de su reaccion mútua, hayan ve-
á ser todos verticales y paralelos; por manera, que el efecto de
convergencia de las direcciones de los filetes de moléculas, en el
ante que ellas pasan por el orificio *ac*, es el de hacer angostar,
echar ó contraer la vena ó chorro á cierta distancia del orificio; y
fenómeno se denomina *contraccion de la vena fluida*. El pa-
e *ed*, en que esto sucede, dista de la pared segun Neuton una can-
d sobre poco mas ó ménos igual al diámetro del orificio cuando
último es muy pequeño. Cuando el orificio es mayor pasando
unas 10 líneas españolas, el parage donde la vena cesa de con-
erse, está mas próximo de la pared y solo dista de ella como un
ni-diámetro del orificio.

5. Si concebimos que se haya añadido á la pared del vaso, un
que tenga la misma forma que la vena contraida *adec* (fig. 16),
do que la seccion *ed* haya venido á ser el orificio, entónces el
miento del fluido no padecerá alteracion; y resultará un vaso en

ficio *ed*, tendrá su entrada embudada; y por consiguien
minar su gasto, deberémos usar de la fórmula (7) si el o
ıy pequeño en comparacion de la superficie del depósito
tal magnitud, que su superficie sea la vigésima parte
ie del depósito, se deberá hacer uso de la fórmula (2
ısion se halla rigorosamente confirmada, y de muchas m
la esperiencia.

se atiende á que la velocidad del fluido debe hallarse p
es en razon inversa de las superficies de las secciones (4
que *la velocidad en ac*, es *á la velocidad en* ed, como
de la seccion ed, es *á la superficie de la seccion* ac. l
deduce que *la relacion que tiene la seccion de la vena co*
la superficie verdadera del orificio es la misma que tie
ad efectiva, con la velocidad teórica (*ó natural como*
idor) *ó del gasto efectivo con el gasto teórico.* Habien
conocer la naturaleza del fenómeno, solo falta consultar
, para determinar su medida.

cantidad de que la vena se contrae, despues de hab
un orificio, parece depender principalmente de la conve
ó ménos grande de los filetes del fluido en el instante
pasan por él, y no esclusivamente del rozamiento de l
orificio, como supone *Belidor*. Si el orificio tiene la fo
ada (fig. 17), en que los filetes salen con direcciones

ente confirmado no solo por sus propios esperimentos, sinó por los steriores de *Venturi*. Luego se puede tener seguridad de que, ra todos los orificios posibles, esta relacion se halla comprendida tre los límites 1 y $\frac{1}{2}$.

54 La impresion de mi *Mecánica* se verificó en 1817; y comendí en ella todos los resultados que se habían obtenido por los perimentos hechos hasta dicha época, indicando los que por aquel mpo estaba ejecutando *Mr. Hachette*. Ahora debo añadir, que adelantamientos posteriores, en vez de contrariar lo que yo esesé en dicha obra, lo confirman del modo mas rigoroso; y haíndose publicado en 1819 una nueva edicion del primer tomo de *Arquitectura Hidráulica de Mr. Belidor*, con notas y adicio: muy útiles é importantes de *Mr. Navier*, voy á insertar uí lo que este Sabio ha añadido sobre tan interesante asunto porque está perfectísimamente acorde con mis idéas, y ya por: ha adquirido su doctrina mayor realce para mí, por las ferencias que *Mr. Navier* se ha servido tener conmigo sobre particular. Las tres tablas, que inserté en los (§§ 575, 580 583), relativas á *coeficientes de contraccion* ó números constes, por los cuales es necesario multiplicar el gasto teórico, o es, el calculado por las fórmulas del capítulo segundo, para resulte el que da la esperiencia, estaban tomadas de los erimentos de *Mr. Bossut* y de los trabajos de *Mr. Prony*. En s, se espresa este coeficiente como correspondiendo á la altura oluta; y tuve cuidado de espresar (§§ 579 y 581) que en los os en que se quisiese mayor precision, en vez de los números 2 y 0,81, se debían tomar los números que en las respectitablas correspondiesen á la altura del agua en el depósito soel plano del orificio. *Mr. Bossut* ya entreveía que este coefite debía tener cierta dependencia no solo de la altura absoa del agua, sinó tambien del diámetro del orificio y grueso de pared del vaso ó longitud del tubo aditicio; pero se contencon meras indicaciones de su recelo.

55 Todos los Autores, que se han ocupado en investigar las lificaciones que deben sufrir los gastos calculados por las fórlas del capítulo segundo, que son las que como ya hemos indo, se llaman en los libros *gastos teóricos*, para convertiren los que da la esperiencia, que se caracterizan con la deminacion de *gastos efectivos*, se han contentado con hacer una ecie de division entre los gastos que producen los orificios abier-

paredes delgadas, y los hechos por *tubos aditicios*, temano los límites entre que se debía tomar la espresio *elgada*; y sin especificar, por ejemplo, *que una parea nea de grueso, es una pared delgada para un or tres pulgadas de diámetro, y el mismo grueso d debe considerar como pared delgada, sinó como t, respecto de un orificio de* $\frac{1}{4}$ *ó* $\frac{1}{5}$ *de línea de diám* ero en las importantes notas y adiciones que *Mr. N* ado en la citada obra de *Belidor*; merecen, en mi gar muy distinguido y preferente los resultados que la contraccion de la vena fluida. Este apreciable Sabio eracion todos los esperimentos hechos hasta aquella ép os coeficientes que resultan de los de *Mariotte*, que , y presenta en la nota (ck) págs. 288 y 289 la sigu

primera de los efectos de contraccion de la vena fluida. coeficientes de contraccion correspondientes á la rela e la altura absoluta del agua en el depósito con el orificio.

Diferencias.	Cuando la altura de la carga es mas de 200 veces el diámetro del orificio, la relacion del gasto	La relacion del gasto efectivo al teórico, ó lo que se llama *coeficiente de contraccion* es

Yo he añadido la primera y cuarta columna para el uso que
pues manifestaré.

56 Los resultados precedentes están fundados en esperimentos
que los orificios han tenido hasta cerca de 7 pulgadas españolas
diámetro; y asegura *Mr. Navier* que se pueden aplicar á orificios
ulares, cuadrados ó rectangulares, que tengan hasta cerca de 9
gadas de diámetro medio, casi con tanta exactitud como las de
mismos esperimentos. Acerca de los orificios un poco mas consi-
ables, asegura tambien *Mr. Navier*, que puede servir la tabla
erior sin esponerse á errores peligrosos en las aplicaciones. Añade
no tiene ningun hecho contrario á esta asercion y que son mu-
s los que la confirman, de los que cita algunos con referencia á la
a de *Mr. Andreossi*, intitulada *Historia del Canal del medio*
, que suele tambien llamarse *Canal Real*, ó *Canal de Langue-*
, y á observaciones de *Mr. Lapeyre* sobre el movimiento del
a á traves de las puertas de la esclusa del viejo depósito
Havre.

Mr. Navier hace mencion tambien de una círcunstancia notable
ofrecen las observaciones hechas en el *Canal de medio dia*, y
que si dos orificios, próximos el uno al otro, están abiertos almis-
tiempo, cada uno parece suministrar menor gasto que cuando
abierto él solamente.

57 *Mr. Navier* presenta despues los resultados de los esperi-
ntos que *Mr. Michelotti* ha hecho con la mira de fijar la influen-
de la longitud del tubo sobre el gasto; y como los espresados
ltados son de la mayor importancia, los insertarémos en la
iente

Tabla segunda de los efectos de contraccion de la vena
Contiene la relacion del gasto efectivo al gasto teóri
coeficiente de contraccion que corresponde segun la rel
la longitud del tubo, ó grueso de la pared con el
del orificio.

Diferencias.	Cuando la longitud del tubo es:	La relacion del gasto efectivo al gasto teórico ó el *coeficiente de contraccion* se ha encontrado ser	Diferencias.
	Nula, esto es, cuando la abertura termina en un punto como la de la (fig. 16)....	0,6096	
½=0,5	½=0,5 del diámet.	0,6169	0,0073
½=0,5	1 diámetro.	0,7671	0,0502
1	2 diámetros. . .	0,8157	0,0486
½=0,5	2½=2,5 diámetr.	0,8221	0,0064
½=0,5	3 diámetros. . . .	0,8201	0,0020
1	4 diámetros. . .	0,8179	0,0022
1	5 id.	0,8095	0,0084
1	6 id.	0,8070	0,0025
1	7 id.	0,8032	0,0038
1	8 id.	0,7997	0,0035
1	9 id.	0,7963	0,0034
1	10 id.	0,7930	0,0033
1	11 id.	0,7898	0,0032
1	12 id.	0,7866	0,0032
1	13 id.	0,7835	0,0031
1	14 id.	0,7804	0,0031
1	15	0,7773	0,0031
1	16	0,7743	0,0030
1	17	0,7713	0,0030
1	18	0,7683	0,0030
1	19	0,7653	0,0030
1	20	0,7624	0,0029
1	21	0,7595	0,0029
1	22	0,7566	0,0029
1	23	0,7537	0,0029
1	24	0,7508	0,0029
1	25	0,7479	0,0029
1	26	0,7451	0,0028
1	27	0,7423	0,0028
1	28	0,7395	0,0028
1	29	0,7367	0,0028
1	30	0,7339	0,0028
1	31	0,7311	0,0028
1	32	0,7283	0,0028
1	33	0,7255	0,0028
1	34	0,7227	0,0027
1	35	0,7200	0,0027

Sigue la tabla a

1	36	0,7173
1	37	0,7146
1	38	0,7119
1	39	0,7092
1	40	0,7065
1	41	0,7038
1	42	0,7011
1	43	0,6984
1	44	0,6957
1	45	0,6930
1	46	0,6903
1	47	0,6876
1	48	0,6849
1	49	0,6822
1	50	0,6796
1	51	0,6770
1	52	0,6744
1	53	0,6718
1	54	0,6692
1	55	0,6666
1	56	0,6640
1	57	0,6614
1	58	0,6588
1	59	0,6562
1	60	0,6536
1	61	0,6510
1	62	0,6484
1	63	0,6458
1	64	0,6432
1	65	0,6406
1	66	0,6380
1	67	0,6354
1	68	0,6328
1	69	0,6302
1	70	0,6276
1	71	0,6250
1	72	0,6224
1	73	0,6198
1	74	0,6172
1	75	0,6147
1	76	0,6122
1	77	0,6097

Sigue la tabla anterior.				Sigue la tabla anterior.			
1	78 diámetros.	0,6072	0,0025	1	110	0,5273	0,0024
1	79 id.	0,6047	0,0025	1	111	0,5249	0,0024
1	80	0,6022	0,0025	1	112	0,5225	0,0024
1	81	0,5997	0,0025	1	113	0,5201	0,0024
1	82	0,5972	0,0025	1	114	0,5177	0,0024
1	83	0,5947	0,0025	1	115	0,5153	0,0024
1	84	0,5922	0,0025	1	116	0,5129	0,0024
1	85	0,5897	0,0025	1	117	0,5105	0,0023
1	86	0,5872	0,0025	1	118	0,5082	0,0023
1	87	0,5847	0,0025	1	119	0,5059	0,0022
1	88	0,5822	0,0025	1	120	0,5037	0,0021
1	89	0,5797	0,0025	1	121	0,5016	0,0021
1	90	0,5772	0,0025	1	122	0,4995	0,0020
1	91	0,5747	0,0025	1	123	0,4975	0,0019
1	92	0,5722	0,0025	1	124	0,4956	0,0019
1	93	0,5697	0,0025	1	125	0,4937	0,0018
1	94	0,5672	0,0025	1	126	0,4919	0,0017
1	95	0,5647	0,0025	1	127	0,4902	0,0017
1	96	0,5622	0,0025	1	128	0,4885	0,0016
1	97	0,5597	0,0025	1	129	0,4869	0,0015
1	98	0,5572	0,0025	1	130	0,4854	0,0015
1	99	0,5547	0,0025	1	131	0,4839	0,0014
1	100	0,5522	0,0025	1	132	0,4825	0,0014
1	101	0,5497	0,0025	1	133	0,4811	0,0013
1	102	0,5472	0,0025	1	134	0,4798	0,0012
1	103	0,5447	0 0025	1	135	0,4786	0,0011
1	104	0,5422	0,0025	1	136	0,4775	0,0011
1	105	0,5397	0,0025	1	137	0,4764	0,0010
1	106	0,5372	0,0025	1	138	0,4754	0,0009
1	107	0,5347	0,0025	1	139	0,4745	0,0009
1	108	0,5322	0,0025	1	140	0,4736	
1	109	0,5297	0,0024				

El diámetro del tubo, que sirvió para estos esperimentos, tenía pulgadas y 4 líneas españolas, y la carga ó altura era de unos 8 ies españoles. La primera y cuarta columna las he añadido yo para l uso que voy á manifestar.

Mr. Navier solo presenta esta tabla prolongada hasta cuando la relacion es 8 veces el diámetro; esto es, hasta el caso en que la longitud del tubo ó grueso de la pared es *ocho veces* mayor que el diámetro del mismo tubo; yo la he prolongado siguiendo aproximadamente la ley de los resultados que presenta *Mr. Navier* hasta el caen que la longitud del tubo equivale á 140 veces el diámetro del mismo, para llenar un hueco que se halla en el estado actual de la ciencia, entre la evacuacion por tubos adicionales y el movimiento de las aguas en los encañados y tubos de conduccion, sobre lo cual nos

lo suficiente en el capítulo noveno del presente libro, pa-
ste punto con aquel, y determinar la línea de demarca-
deba servir de norma para averiguar el gasto, ya con-
tubo como adicional y determinando el coeficiente de con-
le corresponde, ó ya valiéndose, para determinar el gasto,
ulas que sirven para el movimiento de las aguas en la
ubos de conduccion.

resultados que contiene la tabla precedente, manifiesta
ario que el tubo tenga una longitud, al ménos igual
, para que haga aumentar el gasto. Cuando su longitu
eña, el agua no corre á caño lleno; la vena se aparta d
del tubo, y el desagüe se hace absolutamente del mism
or un orificio hecho en una pared delgada: lo que v
nforme con los esperimentos de *Bossut*.

la tabla precedente aparece que el mayor aumento d
l tubo aditicio puede causar, se verifica cuando su lon
veces y media ó tres veces su diámetro. Alargando m
gasto disminuye; lo que no puede ménos de provenir d
del fluido sobre sus paredes. Por lo demas resulta de
, que *para estimar en las aplicaciones el gasto de u
longado por un tubo aditicio cilíndrico que tenga un
dos ó tres veces el diámetro de este orificio, es n
ar los* 0,82 *del gasto teórico calculado.* Tambien

nseguía el objeto con mayor sencillez; pero como todo lo que acerca de la forma de este embudamiento se viene á reducir á os, y por otra parte, yo dudo mucho que, á pesar de todos los zos imaginables, se llegue á estinguir de todo punto el citado ieno de la contraccion, soy de dictámen, para conciliar la ma- encillez con el resultado conocido por mas exacto, que se debe ar por punto general, para la salida del agua de los depósitos os en que se halle contenida, el poner en los orificios un tubo rico cuya longitud fuese igual á dos veces y media su diámetro; esta longttud es, por la tabla anterior, la que origina menor ccion; y por consiguiente, la que, á igualdad de diámetro del o de salida, suministra mayor cantidad de líquido.

Tambien se podría adoptar, que el tubo aditicio terminase en ozo de cono, cuyo diámetro inferior ó de la pequeña base fuese de la base mayor 1,24, y la distancia entre las dos bases del truncado fuese 0,75; pues en este caso se puede obtener un gas- ctivo, que sea los $\frac{9}{10}$ ó 0,90 del teórico.

Sin embargo de esto, en las aplicaciones que hagamos, su- émos diferentes longitudes á los tubos adicionales, y determi- ios el coeficiente de contraccion que corresponda por medio de os tablas anteriores, que son de la mayor importancia; pues ı auxilio podemos ya establecer reglas mas seguras para deter- los gastos. Y aunque desearíamos se hiciesen nuevos esperimen- n que cada resultado de la tabla segunda se hiciese variar á iferentes alturas que se espresan en la tabla primera, y que los s de esta se aproximasen con cuatro guarismos decimales, sin rgo, mientras se practican, teniendo en consideracion las varia- de la fuerza de la gravedad y demas circunstancias que ten- licadas (§ 90 libr. 2.°), el método mas aproximado á la verdad, determinar la contraccion, es en mi concepto el que sigue.

La tabla segunda está formada en virtud de esperimentos en que imetro del tubo tenía dos pulgadas y cuatro líneas españolas, y ura ó carga era de cerca de 8 pies españoles; por consiguien- ui la carga equivale aproximadamente á 41 veces el diámetro rificio.

Si observamos la tabla primera, verémos que la diferencia resultado correspondiente á una carga igual á 200 veces el del orificio y la igual á 100 veces el mismo diámetro, es milésimas; y la diferencia entre *el coeficiente de contraccion*, corresponde á una carga igual á 100 veces el diámetro y el cor-

te á la igual á 10 veces el mismo, es 2 milésimas. I
te, siendo esta diferencia tan pequeña, podrémos sin er
uponerlas proporcionales á las relaciones de las cargas
ro; por lo que, para encontrar el correspondiente á 41
ga, formaré la siguiente proporcion, 90 (diferencia que
la primera columna de la tabla primera correspondie
relaciones 100 y 10 entre que se halla la 41): á 0,0
que en la cuarta columna de la misma tabla correspo
icientes de contraccion que pertenecen á las mismas r
31 (esceso de la relacion 41 de la cuestion, sobre la
se le aproxima en la tabla): al cuarto término, que h
06888 &c.; y tomo 0,0007 por valor aproximado; el
l valor 0,620, que se halla en dicha tabla, correspondi
ion 10, por ser el mayor de los que corresponden á aq
que se halla la relacion de la cuestion, y encuentro 0,61
ste conocimiento, *para encontrar el coeficiente mas apro*
de la verdadera contraccion, atendiendo á la relacion
ongitud del tubo aditicio con su diámetro, y á la d
el mismo diámetro, se procederá del modo siguie
en la tabla segunda el coeficiente de contraccion,
de al número que espresa la relacion entre la longi
ditício y su diámetro. Si esta relacion de la longitud
cuestion con su diámetro no fuese igual á ninguna

on el diámetro del orificio que mas se aproxime á la relacion e la cuestion; y para averiguar lo que le pertenece por la fraccion que pueda haber en dicha relacion, se formará la siguiente gla de tres ó proporcion: la diferencia que se halla en la primera columna de la tabla primera correspondiente á las dos reciones de las cargas entre que se halla la relacion de la cuesn, es á la diferencia de los coeficientes de contraccion corresndientes, que se halla en la cuarta columna de la misma ta-, como *la diferencia que hay entre la relacion de la cuestion la que mas se le aproxima en dicha tabla*, es al *cuarto término; lo que se encuentre, se añadirá al coeficiente de contraccion que se le aproxima, si este es el menor, ó se restará de él si es nayor.* Con lo cual, se tendrá el coeficiente que corresponde por la acion de la carga con el diámetro del orificio.

Para encontrar ahora el resultado final, teniendo en consideion ambas relaciones, se formará la siguiente proporcion: 0,6193 *e es la relacion de la longitud del tubo á su diámetro en los erimentos practicados*) es al *coeficiente de contraccion que cornonde por la relacion de la longitud del tubo con su diámetro e hemos obtenido por medio de la tabla segunda*), como *el coente de contraccion que corresponde á la relacion de la carcon el diámetro del tubo, y que hemos obtenido por medio de tabla primera* es al *verdadero coeficiente, ó al ménos al mas oximado, que corresponde á los datos de la cuestion en el estaactual de los conocimientos hidráulicos.*

1.er *Ej.* Supongamos que se tenga un orificio, cuyo diámetro 4 pulgadas, al cual se adapte un tubo de 8 pulgadas de largo y la carga sea de 28 pulgadas. Aquí observaré que la relacion de longitud del tubo á su diámetro es 2; pues la longitud 8 pulgadel tubo equivale á dos veces el diámetro 4 pulgadas del mismo o; por lo que debo tomar en la tabla segunda el coeficiente de traccion 0,8157. Y no tengo que formar la primera proporcion e dice la regla, porque la relacion de la cuestion se halla exactante en la tabla.

Ahora, busco en la tabla primera el coeficiente que corresponde er la carga 7 veces el diámetro (pues 28 pulgadas contienen 7 las 4 pulgadas), y obtengo el coeficiente 0,623, sin neceie formar la segunda proporcion de tal regla; por lo que, paformar la tercera proporcion, de este modo 0,6193 (relacion longitud del tubo á su diámetro en los esperimentos): 0,8157

que corresponde á la relacion de la longitud del tubo
n con su diámetro) : : 0,623 (coeficiente de contraccion
nde á la relacion de la carga con el diámetro) : al cuar-
que hallo ser 0,8206; y este es el coeficiente definitivo
os elegir; ó al ménos el que mas debe aproximarse al
virtud de los conocimientos del dia.

amos por 2.° ejemplo, uno que presente la mayor con-
e que el caso sea susceptible, y al que debamos aplicar
todas sus partes. Con este objeto, supongamos un orificio
pulgadas de diámetro con un tubo aditicio de 7 pulga-
, y en que la carga sea 26 pulgadas; cuyos datos le
do de modo que sean aquellos en que las tablas presen-
ores diferencias.

car la regla, debemos observar, que como la relacion de
n 6, es $1\frac{1}{6}$, el número que mas se aproxima en la tabla
a longitud del tubo es una vez el diámetro; lo que d
ra el coeficiente de contraccion que corresponde por la ta
a.

dirémos, 1 (diferencia de las dos relaciones de la tabl
tre que se halla la relacion $1\frac{1}{6}$ de la cuestion) : 0,048
que en la cuarta columna de la misma tabla se hal
eficientes de contraccion correspondientes á las mencion
es) : : $\frac{1}{6}$ (diferencia entre la relacion de la cuestion $1\frac{1}{6}$

Ahora, formaré la última proporcion de este modo 0,6193 elacion de la longitud del tubo á su diámetro en los esperimentos) 0,7752 (coeficiente que corresponde á la relacion de la longitud l tubo de la cuestion con su diámetro) : : 0,629 (coeficiente de ntraccion que corresponde á la relacion de la carga con el diáme- de la cuestion) : al cuarto término, que resulta ser 0,7873; y e es el coeficiente que definitivamente se debe elegir como mas roximado al verdadero, en el estado actual de los conocimientos dráulicos sobre esta materia.

63 El método, que acabamos de manifestar, no deja ya ningu- incertidumbre, para el caso en que los orificios sean circulares, ó la que puede provenir de la mayor ó menor exactitud con que hayan hecho los esperimentos; y cuando estos se practiquen del do que hemos insinuado (90 lib. 2.°), me parece que el procedi- ento, que acabamos de esplicar, conducirá á la exactitud conve- nte; pues aunque las tres proporciones que contiene dicho proce- iento, no son rigorosamente exactas, no obstante, el error que s puedan originar no influye en ninguno de los guarismos deci- les que contienen las tablas, y por lo mismo dicho procedimiento debe considerar como suficientemente aproximado; y repetimos , para perfeccionar esta materia, solo falta el que se practiquen erimentos numerosos y adecuados en la forma que se ha dicho lib. 2°); y si pudiesen hacerse en nuestro pais, produciría esto tajas considerables.

Se deberían tambien hacer esperimentos acerca de la contrac- , cuando los orificios no fuesen circulares; y mientras no se ten- , podemos hacer uso de estas tablas, aun cuando el orificio no circular, *tomando en las figuras cuadradas un valor medio porcional aritmético entre la diagonal y el lado del cuadrado valor equivalente al diámetro análogo si el orificio fuese cir- ar. Cuando el orificio sea rectangular, un medio proporcional tmético entre el lado mayor y menor del rectángulo; cuando poligonal, un medio proporcional aritmético entre el duplo radio recto y el duplo del radio oblicuo del polígono, ó lo que mas simple, tomando la suma del radio recto con el ra- oblicuo.*

64 Como este modo de hallar lo mas rigorosamente posible en actualidad el coeficiente de contraccion, es nuevo enteramen- ; pues todo él es fruto de mis investigaciones propias, es de la ayor importancia el hacer numerosas aplicaciones, para que el

gamos que en vez de tener el orific
cho en el fondo del estanque en un
de grueso.

En este caso, como (239 Ar. de
mo que un pie en cuadro, tendré
un pie. Y como, al cuadrado de 1
la tabla de la nota del (§ 34), un r
radio oblicuo de 0,7071 de pie; su
tendré 1,2071 piés para el diáme
fuese circular. Ahora, como el grues
pulgadas ó bien $\frac{9}{12}$ de pie, que equi
pie; espresando el quebrado en fracci
lacion de 0,75 con 1,2071 es 0,6
mas de la mitad del diámetro, deber
aproximado de contraccion, el que co
á la relacion $\frac{1}{2}$ del diámetro que es
0,6213 escede á la de $\frac{1}{2}$ ó 0,5, en
proporcion que dice la regla (61) del
0,5 (diferencia que hallo en la pr
gunda correspondiente á las relaciones
ho con su diámetro) : 0,0502 (diferen
traccion que se halla en la cuarta coh
pondiente á las mismas

coeficiente de contraccion es 0,622; y para averiguar la parte oporcional que se le debe quitar, pues es mayor que el coeficiente que corresponde á 9, diré

1 (diferencia de la primera columna de la tabla primera correspondiente á las dos relaciones entre que se halla la de la cuestion) 0,001 (diferencia correspondiente en la cuarta columna de la misma tabla) : : 0,2843 (esceso que la relacion de la cuestion lleva á relacion que mas se le aproxima en la tabla) : al cuarto término, se resulta ser 0,0002843; cuyo valor restado del 0,622 por ser coeficiente mayor de los dos que se hallan en la tabla, obtengo 0,6217.

Para encontrar ahora el resultado definitivo, diré segun la última parte de la regla (61) 0,6193 (relacion de la longitud del tubo su diámetro en los esperimentos) : 0,6291 (coeficiente que hemos tenido atendiendo á la relacion del grueso de la pared con el orificio, por la tabla segunda) : : 0,6217 (coeficiente que hemos obtenido atendiendo á la relacion de la carga con el diámetro del orificio la primera tabla) : al cuarto término, que resulta ser 0,6315 es el coeficiente definitivo de contraccion.

De dos distintas maneras se suele interpretar el sentido de lo espresa el coeficiente de contraccion, y ambas conducen á un mismo resultado. En efecto, el coeficiente de contraccion 0,6315 que hemos de hallar nos dice, ó que la relacion del gasto teórico al gasto efectivo es la de 1 á 0,6315, ó que si espresamos por 1 la superficie del orificio, la de la vena contraida lo está por 0,6315.

Para tener en consideracion su efecto, deberémos ó multiplicar el gasto hallado sin atender á la contraccion por el espresado coeficiente, ó multiplicar por dicho coeficiente la superficie del orificio para encontrar la verdadera, y determinar despues en virtud de esta superficie efectiva el verdadero gasto. Por lo que, para encontrar el gasto que buscamos atendiendo al fenómeno de la contraccion, podemos hacerlo, bien sea multiplicando por 0,6315 el gasto 2282813 tenido (§ 9) para Madrid, ó multiplicando por 0,6315 el valor de en la (cc. 7).

Ambos métodos conducen á multiplicar el valor 2282813 por 6315; lo que da por resultado 1441596 pies cúbicos; y este será verdadero gasto atendiendo al fenómeno de la contraccion de la ma fluida.

Supongamos que en Búrgos el mismo orificio estuviese hecho una plancha metálica, cuyo grueso fuese 3 líneas. En este caso,

licos, que hemos obtenido allí; y nos resultará por último que el ve dadero gasto, atendiendo á la contraccion, es 3166 pies cúb cos.

68 En los ejemplos resueltos hasta ahora, los efectos de con traccion han influido en el resultado final; porque la superficie de orificio entraba como factor, sencillamente en las fórmulas del gasto pero como esto no sucede siempre, debemos establecer por punto ge- neral, que *para hacer la correccion conveniente, por el fenómen de la contraccion de la vena fluida*, lo que se debe ejecutar siempre es *determinar ante todas cosas el verdadero coeficiente por la re gla establecida* (61); *y despues multiplicar por este coeficiente ha- llado la superficie del orificio, que hemos espresado en general cuando la figura es rectilínea por* k, *ya se halle dicha letra en la fórmula por dividendo, ya por divisor ó ya debajo de cualquier ra- dical; y cuando los orificios sean circulares, lo que se deberá mul- tiplicar por el coeficiente hallado de contraccion, es el cuadrado del diámetro del tubo.*

69 Propongámonos hacer aplicacion á la cuestion resuelta (§ 33), en el supuesto de que el orificio no tenga la forma embudada, sino que esté practicado en una plancha metálica de 3 líneas de grueso. Como aquí la superficie del orificio es rectangular, para determinar el diámetro que se debe tomar como valor aproximado, al encontrar las relaciones en las tablas 1.ª y 2.ª de los coeficientes de contraccion, deberé sumar como he dicho (63), los valores de los lados del rec- tángulo, que estando espresados por 5 y por 4 pulgadas, la suma es 9 y la mitad 4,5. Como el grueso es 3 líneas, que equivale á $\frac{1}{4}$ (0,25 de pulgada, resulta que dicha relacion es la de 0,25 á 4,5 que equivale á 0,0556.

Veo en la tabla segunda cual es la relacion que mas se aproxi- ma á esta, y hallo que es aquella en que la relacion es nula, cuyo coeficiente de contraccion es 0,6096.

Para encontrar la parte proporcional que le corresponde, dire 0,5 (diferencia de la primera columna de la tabla segunda): 0,007 (diferencia de la cuarta columna en la misma tabla):: 0,0556 (esce so de la relacion de la cuestion sobre la relacion que mas se le aproxima en la tábla): al cuarto término, que resulta ser 0,000812; y añadido al coeficiente 0,6096 tomado en la tabla, por ser el de los dos que corresponden á las relaciones entre que se hall cuestion, obtengo por resultado 0,610412.

mo la carga es 6 pies, y el valor equivalente al diámetro, si io fuese circular, es 4,5 pulgadas, la relacion de la carga

la mencionada cantidad es 16, porque 4,5 pulgadas están con-
idas 16 veces en 6 pies.

Por consiguiente, veo que en la tabla primera la relacion que
se le aproxima es 10; cuyo coeficiente de contraccion es 0,620.
para encontrar la parte proporcional, diré
90 (diferencia que encuentro en la primera columna de la tabla
mera): 0,002 (diferencia que encuentro en la cuarta columna de
misma tabla) :: 6 (esceso de la relacion 16 sobre la 10 que mas se
aproxima en la misma tabla primera): al cuarto término, que re-
ta ser 0,00013; y restándolo del 0,620, por ser este valor ma-
que el 0,618 obtengo 0,61987.

Para encontrar ahora el coeficiente definitivo, diré
0,6193 (relacion de la longitud del tubo á su diámetro en los
rimentos): 0,610412 (coeficiente que hemos obtenido atendiendo
la relacion de la longitud del tubo con el diámetro) :: 0,61987
eficiente correspondiente á la relacion de la carga con el mismo
metro): al cuarto término, que espresará el coeficiente definitivo
contraccion, que es 0,610974; y por este valor se deberá mul-
icar el valor de k, que era 0,139; lo que dará para el verdade-
valor de la superficie k del orificio, corregida ya por el efecto de
ontraccion de la vena 0,084925386; por lo que, para encon-
el resultado verdadero correspondiente al tiempo que buscamos,
erémos sustituir en la (ec. 8) en vez de k el número 0,0849
nando solo cuatro cifras); y procediendo en lo demas como en
§ 33), multiplicaré 70,1922 pies (duplo de la fuerza de la
vedad en Madrid) por la carga 6 pies; lo que da 421,1532;
aigo la raiz cuadrada y encuentro 20,522017; multiplico este
nero por 0,0849, y hallo 1,74232; y dividiendo ahora el gas-
1000 por este número, se obtiene 574 segundos; resultado que
mayor que el obtenido en el parage citado, á causa de que, sien-
el efecto de la contraccion el de estrechar la vena ó chorro, en
tiempo dado saldrá ménos cantidad de líquido; y para obtener
a cantidad determinada de agua, cuando hay contraccion, es pre-
o que se tarde mas tiempo.

70 Cuando lo que se busca es la misma superficie del orificio,
ean conocidos los demas datos, es necesario hacer mayor dicha
perficie cuando hay contraccion respecto de cuando no la hay, en
misma razon que guarda con la unidad el coeficiente de contrac-
n calculado.

Supongamos que en la cuestion resuelta (34) se añada la circuns-

tancia de no tener el orificio la forma embudada, sinó de estar h
cho en una plancha metálica de una línea de grueso.

En este caso, determinarémos el valor de la superficie *k* del
ficio, como lo hemos hecho en el parage citado; y obtendré
0,00302 de pie cuadrado. Allí hemos visto que esta superficie p
corresponder á cualquier figura que tenga el orificio; y con el
de presentar desde luego las aplicaciones á los casos que pu
ofrecer mas dificultades, para que vencidas en los mas espinosos
facilite hallarlas en los que presenten ménos complicacion en lo fu
supongamos que el orificio deba tener la forma de un *endecágon*
gular, esto es, de un polígono regular de once lados, que se sab
haber métodos geométricos directos para construirle, y que vam
ejecutarlo por lo espuesto en la tabla y regla de la nota (§ 34)

Puesto que aquí lo que se nos da es la superficie, para h
el lado, dirémos

3,2299 (superficie que corresponde al *endecágono* en la t
:0,00302 (superficie que se nos da conocida):: 0,34492129
drado del lado 0,5873 del endecágono en la tabla): al cuarto t
no, que resulta ser 0,000322506 de pie cuadrado, porque la
perficie 0,00302 se refiere al pie cuadrado, y los números de l
bla se deben considerar como abstractos; y espresa el cuadrad
lado del endecágono; por consiguiente, estrayendo la raiz cua
de este número, tendrémos el lado que se buscaba, y es 0,01
pie longitudinal.

Para encontrar el radio oblicuo, dirémos

3,2299 (superficie correspondiente al endecágono en la
:0,00302 (superficie que se nos da conocida):: 1,08618084 (cu
do del radio oblicuo 1,0422 correspondiente en la tabla) : al c
término, que resulta ser 0,00101559 de pie cuadrado; y estr
do la raiz cuadrada de este número, tendré por valor del
oblicuo 0,0318 de pie longitudinal.

Conocido el lado del polígono y su radio oblicuo, para cons
le no hay mas que trazar un círculo con un radio igual á la l
tud 0,0318 de pie, hallada para dicho radio oblicuo, é ir col
do sucesivamente en la circunferencia de dicho círculo, la lon
0,0179 de pie, encontrada para su lado; y se verá que cabe
veces exactamente en la circunferencia trazada. Por lo que un
con líneas los puntos inmediatos, señalados en la mencionada ci
ferencia, se tendrá el endecágono pedido.

Ahora, para determinar la cantidad que debo considerar

uivalente al diámetro si fuese circular el orificio, sumarémos (63) radio recto con el radio oblicuo del mismo polígono; por lo que cesito calcular de antemano el radio recto por la tabla de la (nota 1 § 34), y hallo 0,0305 de pie longitudinal. Sumando este valor n el radio oblícuo encontrado ántes, que es 0,0318 de pie longidinal, resultará 0,0623 del mismo pie; que será lo que demos considerar como equivalente al diámetro si fuese el orio circular.

Y como el grueso de la pared es una línea que equivale á $\frac{1}{144}$ de e longitudinal, y el valor que se considera como equivalente al ámetro es 0,0623 del mismo pie, la relacion de la longitud del bo á la magnitud que se considera como equivalente á dicho diãtro, será la de $\frac{1}{144}$ de pie á 0,0623 de pie, que es 0,1115; uco en la tabla segunda esta relacion; y no hallándose en ella, cuentro que la mas aproximada es *cero*, esto es, la que allí cuentro ser *nula* ó ser el límite á que se puede aproximar la menor acion que se considere, cuyo coeficiente de contraccion es 0,6096.

Para encontrar la parte proporcional, diré

0,5 (diferencia de las dos relaciones entre que se halla la de la stion y que está en la primera columna de la tabla segunda) ,0073 (diferencia correspondiente en la cuarta columna de la mis- tabla) :: 0,3885 (diferencia entre la relacion 0,5 que mas se le roxima en la tabla y la de la cuestion 0,1115) : al cuarto término, hallo ser 0,0056721; el cual sumado con el coeficiente 0,6096 ser el menor de los de la tabla entre que se halla la relacion de cuestion, da 0,61527 que espresa el coeficiente de contraccion que responde por la relacion de la longitud del tubo con su diámetro.

Ahora, siendo la carga de 10 pies, y 0,0623 de pie el diáme- del orificio, si fuese circular, la relacion es próximamente 161; buscándola en la tabla primera veo que la que mas se le aproxi- es la 200, á que corresponde el coeficiente 0,615; y para indar la parte proporcional, diré

100 (diferencia que se halla en la primera columna de dicha bla primera correspondiente á las dos relaciones 200 y 100 entre e está la de la cuestion): 0,003 (diferencia correspondiente en la arta columna de la misma tabla) :: 39 (diferencia entre la relacion de la cuestion y la 200 de la tabla): al cuarto término, que ser 0,00117; y añadido á 0,615 resulta 0,61617.

Para encontrar ahora el resultado final, atendiendo á las dos laciones, formaré la siguiente proporcion

3 (relacion de la longitud del tubo á su diámetro en los
os practicados): 0,61527 (coeficiente hallado por medio
segunda) :: 0,61617 (coeficiente hallado por la tabla pri-
cuarto término, el cual es 0,6122.
s el coeficiente definitivo de contraccion; el cual nos ma-
una superficie de un orificio, representada por la unidad
por el efecto de la contraccion en este caso á 0,6122;
l citado ejemplo hemos hallado 0,00302 de pie cuadrado
esto de no haber contraccion, á fin de encontrar la magni
debe dar efectivamente á la abertura del orificio para que
por el efecto de la contraccion á la 0,00302, formaré la
roporcion
:1::0,00302: á la verdadera superficie que se debe dar
ado orificio, que resulta ser 0,00493.
erá la superficie efectiva que deba tener el verdadero ori
gonal para satisfacer á la cuestion. Con el objeto de tra
un todo, debemos ahora encontrar el valor del lado que
nde, y el del radio oblicuo para construirle: y por medio
y regla de la nota del (§ 34), hallarémos 0,0229 pie
0,0407 para el radio oblicuo. Por consiguiente, trazando
con dicho radio oblicuo, se podrá colocar exactamente
ces el lado 0,0229 de pie, que equivale á 3 líneas
décimas partes de otra línea, y se tendrá de este mo

diámetro en dicha cuestion; el cual, siendo 4 pulgadas, es lo mismo que $\frac{1}{3}$ de pie, y su cuadrado es $\frac{1}{9}$, que multiplicado por 0,7406 da 0,0823. Este número multiplicado por 0,785398 da 0,0646382554; y vuelto á multiplicar por 11,85, raiz cuadrada del producto del duplo de la gravedad en Valencia, por la carga, que es 2 pies, da 0,7659633264 9; y dividiendo el gasto 2400 pies cúbicos por este número que acabamos de encontrar, resulta 3133 segundos, ó sean 52 minutos y 13 segundos, cuyo valor es mayor que el obtenido (38): lo que debe ser así; pues siendo menor el chorro, á causa de la contraccion, para que salga la misma cantidad de agua, se necesita mayor tiempo.

72 Supongamos que en la cuestion resuelta (39), el orificio, en vez de tener la forma embudada, se halle practicado en una plancha metálica de media línea de grueso, y que deseémos hallar el diámetro efectivo que debe darse al orificio, para que, atendiendo al fenómeno de la contraccion, resulte el gasto pedido en la realidad y circunstancias allí espresadas.

En este caso hay una nueva dificultad que vencer; pues no conociéndose el diámetro, no se pueden hallar las relaciones entre la longitud del tubo y la carga con el mismo diámetro; y por consiguiente, no se puede hacer el uso conveniente de las dos tablas de contraccion para practicar la regla. Esto viene á envolver lo que en matemáticas se suele llamar *círculo vicioso*; pues que vamos á buscar el diámetro atendiendo á la contraccion, y para encontrar la contraccion necesitamos conocer el diámetro. Sin embargo, no hay que arredrarse; pues saldrémos airosos de nuestro empeño por un método análogo al que hemos seguido (§ 551 Mec.) para hallar las alturas por el barómetro; y se reduce á lo siguiente:

Sabemos (53) que el coeficiente de contraccion, ha de ser mayor que 0,5 y menor que 1; y como el cuadrado del diámetro cuando el orificio tiene la forma embudada, y no hay por consiguiente contraccion, hemos hallado (§ 39) ser 0,02535067, resulta que el cuadrado del diámetro efectivo, atendiendo á la contraccion será menor que 0,05070134 y mayor que 0,02535067; tomemos un término medio entre estos dos valores, lo que nos dará (253 Ar. de N.) 0,038026; cuya raiz cuadrada es 0,195. Supongo, para hallar un coeficiente de contraccion aproximado, que este número 0,195 sea el diámetro verdadero; en cuyo caso, como la longitud del tubo, ó grueso de la pared, es 0,5 de línea ó 0,003472 de pie, la relacion de dicho grueso con el diámetro es 0,0178; que la que mas se le aproxima en

unda, es la relacion *nula*, ó lo que es lo mismo el lími-
relacion, cuyo coeficiente de contraccion es 0,6096; y
rar la parte proporcional, diré
ferencia que hallo en la primera columna de la tabla se-
0073 (diferencia que se halla en la cuarta columna de l
a) : : 0,0178 (esceso que la relacion de la cuestion lleva
on *cero* de la tabla) : al cuarto término, que hallo se
el cual añadido al 0,6096, da 0,60986.
la carga es 4 pies, y el diámetro que hemos tomado
mente es 0,195, la relacion de la carga con el diá-
0,5128; y como la que mas se le aproxima en la tabl
la 10, tomo el coeficiente de contraccion 0,620, que
nde; y para encontrar la parte proporcional, diré
iferencia que hallo en la primera columna de la tabl
0,002 (diferencia que encuentro en la cuarta columna d
tabla) : : 10,5128 (esceso que la relacion de la cuestio
leva á la 10 que mas se le aproxima en la tabla) : a
ino, que resulta ser 0,00023; cuyo valor restado d
0,61977.
encontrar ahora el coeficiente definitivo de contraccio

6 (relacion de la longitud del tubo á su diámetro en los e
: 0,60986 coeficiente hallado atendiendo á la relacion
del tubo á su diámetro) : : 0,[illegible] (coeficiente de co

Para encontrar otro valor mas aproximado, tomo este resultado
o38 por verdadero diámetro efectivo; y para encontrar el coe-
ente de contraccion, observaré que siendo el grueso de la pared
5 de línea ó 0,003472 de pie, y el diámetro efectivo que ahora
onemos 0,2038 de pie, la relacion de la longitud del tubo, ó
eso de la pared al diámetro, es 0,01704; y el coeficiente de
traccion mas aproximado en la tabla segunda es 0,6096; por lo
, para encontrar la parte proporcional, diré

0,5 : 0,0073 : : 0,01704 : al cuarto término, que hallo ser
002; cuyo valor añadido al 0,6096, por ser el menor de la
la, da 0,6098.

La relacion de la carga con el diámetro, es la de 4 pies á
038 de pie, que equivale á 19,62709; por consiguiente en la
la primera tomo el coeficiente de contraccion 0,620 que corres-
de á la relacion 10 que es la mas aproximada; y para determi-
la parte proporcional, diré

0 : 0,002 : : 9,62709 : al cuarto término, que hallo ser 0,0002139;
cual restado de 0,620, porque este es el mayor de los coefi-
tes de contraccion entre que se halla la relacion, da 0,619786.

Y para encontrar el coeficiente definitivo de contraccion, diré

0,6193 : 0,6098 : : 0,619786 : al cuarto término, que hallo
0,610278; y dividiendo por este número el valor 0,02535067
ado para el diámetro sin contraccion, encuentro por tercer valor
ximado 0,04153954; cuya raiz cuadrada es 0,2038; y como
valor es el mismo que el anterior, se sigue que lo he hallado ya
to hasta con cuatro cifras decimales, que es toda la aproxima-
que se puede necesitar. Donde observamos que, pues esta opera-
nos da el mismo resultado que la anterior, con solo una opera-
que hagamos, podemos estar seguros de encontrar el verdadero
ltado; luego hemos tenido mucha razon en asegurar que no ha-
motivo para arredrarse; pues las Matemáticas son tan fecundas
ecursos, que en sabiendo adaptar á cada cuestion el método que
esponde, se llegan á obtener los resultados con la suficiente
ximacion.

73 Supongamos que en la cuestion resuelta (40), el orificio no
ga la forma embudada, sinó que se le adapte un tubo de 30
largo.

este caso, debemos empezar por hallar el coeficiente de con-
, para lo cual digo: Siendo la longitud del tubo adicional de
pies y el diámetro del orificio de 4 pulgadas, la relacion de la

aquel con el diámetro será la de 30 pies con 4 pulga-
con $\frac{1}{3}$ de pie, que es 90; por lo cual, esta será la rela-
uestion: busco ahora la relacion 90 en la tabla segunda,
el coeficiente de contraccion que le corresponde es 0,5772;
ntrar el que pertenece, atendiendo á la relacion de la car-
iámetro, debo conocer la altura; pero esta es la que bus-
or consiguiente, siéndonos desconocida, tenemos una dif-
oga á la del ej. anterior; y para vencerla, usarémos de un
logo, tomando por primera altura ó carga aproximada, la
os (40) que es 1,2995 pies, y por consiguiente la relacion
ó carga con el diámetro, será la de 1,2995 pies con
ó $\frac{1}{3}$ de pie que es 3,8985; busco ahora en la tabla pri-
acion que mas se aproxime á esta de la cuestion, y la
la de 4 veces el diámetro, cuyo coeficiente de contraccion
y para encontrar la parte proporcional, diré
rencia que se halla en la primera columna de la tabla pri-
spondiente á las relaciones 4 y 3 entre que se halla la de
: 0,003 (diferencia correspondiente en la cuarta columna
a tabla) :: 0,1015 (diferencia entre la relacion 3,8985 d
y la 4 que mas se le aproxima en la tabla) : al cuarto tér-
esulta ser 0,0003045; lo que añado á la relacion 0,63
menor de la tabla; y hallo 0,6303045.
encontrar ahora el coeficiente final, atendiendo á las di

para hallar el coeficiente de contraccion; y siendo el tubo adicional de 30 pies, y el diámetro de $\frac{1}{3}$ de pie, la relacion hemos dicho ya ser 90, y el coeficiente de contraccion correspondiente es 0,5772.

Para encontrar dicho coeficiente, atendiendo á la relacion de la carga con el diámetro, noto que siendo este de $\frac{1}{3}$ de pie y la carga de 3,7659 pies, la relacion es 11,2977; busco en la tabla primera la relacion que mas se le acerca, y veo es la de 10 veces el diámetro, cuyo coeficiente de contraccion es 0,620, y formo la siguiente proporcion

90 (diferencia que se halla en la primera columna entre las relaciones 100 y 10 en la tabla primera) : 0,002 (diferencia correspondiente en la cuarta columna de la misma tabla) : : 1,2977 (diferencia entre la relacion 10 de la tabla y la 11,2977 de la cuestion) : al cuarto término, que hallo ser 0,000029; y restándole del coeficiente hallado 0,620, por ser el mayor de los dos de la tabla, encuentro 0,619971.

Para obtener el coeficiente final, atendiendo á las dos relaciones, formaré la siguiente proporcion

0,6193 (relacion de la longitud del tubo á su diámetro en los esperimentos): 0,5772 (coeficiente hallado por medio de la tabla segunda) : : 0,619971 (coeficiente determinado por medio de la tabla primera) : al cuarto término, que resulta ser 0,577827.

Multiplico este número por el cuadrado del diámetro que es $\frac{1}{9}$; lo que da 0,064203; elevo esto al cuadrado, y hallo 0,004122, habiendo tomado solo seis cifras decimales. Multiplico este resultado por el número constante 1,2337000368; lo que da 0,005085311 55 habiendo tomado once guarismos decimales exactos. Multiplico esto por el cuadrado del tiempo, que es 360000, y hallo 1830,712158; lo que multiplico por 35,0865 y encuentro 64233,282131667. Divido ahora 250000 por 64233,282131667 y hallo 3,89206 pies.

Tomo ahora este número por tercera altura aproximada. El coeficiente de contraccion que corresponde atendiendo á la relacion entre el diámetro del orificio y el tubo adicional es 0,5772; por tanto, paso á determinar el que corresponde por la relacion de la carga ó altura 3,89206 pies con el diámetro $\frac{1}{3}$ de pie, cuya relacion es 11,67618; y el coeficiente que mas se le aproxima en la tabla primera es 0,620; y formo la siguiente proporcion

90 (diferencia que se halla en la primera columna de la tabla primera entre las relaciones 100 y 10) : 0,002 (diferencia correspondiente en la cuarta columna de la misma tabla) : : 1,67618 (diencia entre la relacion 10 de la tabla y la 11,67618 de la cues-

tion): al cuarto término, que resulta ser 0,00003725, cuyo número resto de 0,620 por ser este el mayor de los dos de la tabla que corresponden á las relaciones entre que se halla la de la cuestion, y obtengo 0,61996.

Para encontrar el coeficiente final, atendiendo á las dos relaciones, formo la proporcion

0,6193 (relacion de la longitud del tubo á su diámetro en los esperimentos) : 0,5772 (coeficiente hallado por medio de la tabla segunda) :: 0,61996 (coeficiente determinado por medio de la tabla primera) : al cuarto término, que hallo ser 0,577815. Multiplico este número por el cuadrado del diámetro y encuentro 0,0642017; cuadro este resultado, lo que da 0,004122, habiendo aproximado la última cifra por exceso, y siendo este número igual con el obtenido en dicho supuesto anterior, debemos inferir que el resultado del cálculo, será idéntico, á saber 3,89206 pies longitudinales para la altura que debe darse al depósito, atendiendo á la contraccion de la vena fluida. Donde observamos que, al fin hemos vencido la dificultad sin un trabajo estraordinario; pues á la segunda operacion hallamos ya un resultado exacto hasta en las diez milésimas partes de pie, que vienen á valer solamente centésimas partes de línea, que ni con los instrumentos mas adecuados se podrían tomar exactamente.

74 Tanto por lo espuesto (59), como por los esperimentos que hemos referido (§ 383 Mec.), se deduce que los orificios cónicos suministran mas agua que los cilíndricos; y usando de orificios cónicos cuyas dimensiones sean las espresadas (59) se puede llegar á obtener hasta 0,90 del gasto teórico; pero como las circunstancias relativas á la construccion de los tubos cónicos no se hallan tan bien determinadas como la de los cilíndricos, no nos detendrémos en hacer aplicaciones, que, sin reunir la utilidad con la exactitud, podrían conducir únicamente á satisfacer una cierta especie de curiosidad.

75 Sin embargo, para indicar todo lo que tiene relacion con esta materia, notarémos que *Daniel Bernoulli* había demostrado por esperimentos que, en el caso de un tubo adicional cónico, las paredes de este tubo se hallaban comprimidas de fuera hácia dentro, mientras que las del vaso lo estaban en sentido contrario. *Mr. Venturi* ha repetido los esperimentos de *Bernoulli* y ha desenvuelto las idéas de este célebre Geómetra y Físico, en la obra intitulada *Investigaciones esperimentales sobre el principio de la comunicacion lateral del movimiento de los fluidos*, en la cual hay resultados que aunque desearíamos se hubiesen deducido de esperimentos practicados con

as escrupulosidad, deben no obstante llamar la atencion de todos s Amantes de las Ciencias; por lo que citarémos los que nos pa-ecen mas notables. Tales son los siguientes:

1.° *Para que un líquido no corra á caño lleno por un tubo dicional cilíndrico, basta cubrir su parte interior con una capa e pintura, barniz &c., ó de una sustancia que el líquido no pue-a mojar; entónces, por delgada que sea dicha capa, se adver-rá que la vena fluida formada en el orificio interior, no llena parte adicional, y el movimiento se verifica como si no hubiese bo aditivo, y saliese el líquido por un orificio hecho en una ared delgada. Verificándose lo contrario, cuando la pared del tu-, no siendo susceptible de mojarse por el líquido, se cubre con na capa de materia que lo sea*; como se verifica respecto del mer-rio puro, que si corre por un tubo cilíndrico de fierro, se verifica movimiento como si el tubo no existiese, es decir, que se forma la isma contraccion que si saliese al aire libre por un orificio hecho una pared delgada. Mas si se estaña la superficie interior del tu-cilíndrico de fierro, entónces se verifica el movimiento del líquido caño lleno; y disminuyendo el efecto de la contraccion, aumen-el gasto.

2.° *Se obtiene el mismo efecto en un tubo adicional, intro-ciendo en él una capa de aire atmosférico.* De manera, que *si en tubo adicional cilíndrico en que sale el líquido á caño lleno, mentándose por consiguiente el gasto respecto de cuando el ori-io estaba hecho en una pared delgada, se hace una pequeña ertura lateral próxima al plano del orificio interior del tubo adi-onal, y se deja entrar por ella el aire atmosférico, se nota en el tante que la vena se separa de las paredes del tubo adicional, y minuye el gasto, verificándose el desagüe como por un orificio ci-drico hecho en pared delgada.* Si se tapa esta abertura lateral, pa-impedir la comunicacion con el aire atmosférico, vuelve á correr líquido á *caño lleno*, y se aumenta el gasto, como corresponde al bo adicional.

3.° *Aplicando al orificio circular un tubo adicional cónico ACFD* (fig. 22 lám. 3.ª) cuyas dimensiones sean $DF=1$; $AC=1,24$ $fg=0,76$, ha obtenido que el gasto efectivo es 0,918 del gas-órico.

Mr. Venturi adaptando á un orificio circular un doble cono forma espresada por la (fig. 23), en la cual $DF=1$, $AC=1,24$, ,76; $MN=1,8$; $gf=9$, ha obtenido un resultado mas que el do-

saldría por un orificio hecho en una pared delgada de
la superficie *DF*. Tambien se obtiene casi el mismo au
asto, separando los dos conos por un tubo cilíndrico cuy
ese la base menor; que es comun á los dos tubos adicio
o representa la (fig. 24).

e motivo dice *Venturi* en la pág. 39. *En Roma los par*
mpraban el derecho de tomar el agua de los depósito
ra sus casas; la ley les prohibia ejecutar el tubo d
, mayor que la abertura que se les habia concedido e
hasta la distancia de unos 57 pies españoles. El legi
, pues, que un tubo adicional mayor que el orificio, au
asto; pero ignoraba sin duda que mas allá de dicha
se podia eludir la ley terminando el tubo de conduc
rico por un tubo adicional cónico.

rminarémos el punto de la contraccion de la vena fluida
que las formas que va tomando la vena fluida desde que
icio son muy variables y dignas de fijar nuestra consid
os orificios cuadrados, como en la (fig. 25), al principi
na forma del orificio; á una cierta distancia, pero entr
el máximo de contraccion, viene á tomar la forma de un
ea, como representa la (fig. 26); despues viene á ser u
uyos ángulos corresponden al medio de los lados, com
a (fig. 27), y esta forma se continúa despues de la co

l precedente, ha sido en el supuesto de que las evacuaciones se hacian por aberturas ú orificios hechos en paredes de vasos ó depósitos en que se consideraba el líquido en reposo; mas si el espresado líquido estuviese en movimiento, entónces habría necesidad de atender á esta circunstancia, del modo siguiente. *Se halla la altura debida á la velocidad del agua ó del líquido de que se trata*, por el método espuesto (§§ 51 y 56 Mec. Prác.) que se reducen *á dividir el cuadrado de la velocidad con que se mueve el líquido por el duplo de la fuerza de la gravedad*; y el cociente que se halle será la altura que corresponde á la velocidad de la corriente en aquel *parage* y *circunstancias*. Esta altura se debe restar de la del líquido sobre el centro del orificio; y la resta que se obtenga, será la *altura efectiva*, que se deba suponer que tiene el fluido sobre el centro del orificio; ó sobre la base de la abertura.

1.er *Ej.* Propongámonos resolver la misma cuestion del (§ 9) sin mas diferencia que la de suponer que el orificio está hecho en el fondo de un canal, rio, conducto, &c. de agua en el cual en vez de estar el agua en reposo, se halle dotada de movimiento, y que la velocidad sea la de 3 pies por segundo. En este caso, lo primero que tenemos que hacer es determinar la altura debida á esta velocidad; la que hallarémos, segun acabamos de espresar, cuadrando la velocidad 3, lo que nos da 9 y dividiendo esto por el duplo de la fuerza de la gravedad, que en Madrid el espresado duplo es 70,1922 pies, se obtiene 0,12822 de pie español para la espresada altura, restando esta cantidad 0,12822 de la altura 10 pies que suponemos tiene la superficie del agua sobre el centro del orificio, resulta 9,87178 que espresará la altura efectiva del agua que debamos considerar sobre el mencionado orificio. Y aplicando la regla de dicho (§ 9) al mismo ejemplo sin mas diferencia que en vez de suponer que la altura h de la fórmula (7) sea 9,87178 en vez de ser 10, nos resulta por último el verdadero gasto en este caso 2268130 pies cúbicos, que es 14683 ménos que el obtenido allí, como en efecto debe así verificarse, pues todo el movimiento que tiene el agua en la direccion de la corriente disminuye la presion sobre las paredes, ó fondo del conducto por donde se mueve.

Ej. 2° Si en la cuestion resuelta (§ 34), en vez de suponer que agua está en reposo, la consideramos en movimiento con la mis- velocidad de 3 pies por segundo, hallarémos como en el ejem- anterior que esta velocidad es debida á una altura de 0,12822 pies, y que por consiguiente la altura efectiva, en vez de ser 10

pies, deberá considerarse solo como 9,87178, y practicando la regl (§ 34) con arreglo á los mismos datos que allí se ponen, resulta pa ra la superficie que debe tener el orificio atendiendo á esta circuns tancia 0,00304 de pie cuadrado español, valor mayor que el obte nido en dicho párrafo, como debía verificarse; pues habiendo men presion, como se verifica en el caso de estar el líquido en movimien to, para que en un mismo tiempo salga igual cantidad de agua, preciso que el agujero, abertura ú orificio sea mayor.

Ej. 3.° Sea el último ejemplo y mas complicado, uno en qu haya que atender á la contraccion de la vena fluida, estando el agu en movimiento, y en el que tratemos de hallar la altura que deb tener el agua sobre el parage donde se haya de colocar la abertur Con el objeto de enseñar, á vencer todas estas dificultades, y que mismo tiempo se comparen los resultados con los obtenidos sin ate der á estas circunstancias, nos propondrémos resolver la misma cue tion del (§ 73), sin mas diferencia que la de suponer que, en vez estar el agua en reposo, deba considerarse en movimiento y con u velocidad de 3 pies por segundo. Es decir, supongamos que en Co *doba*, que es la localidad á que se refiere la cuestion de dicho (§ 7 que no es mas que una modificacion de la del (§ 40), atendiendo la contraccion de la vena fluida, se tenga una corriente de agua, que dicho líquido lleve una velocidad de 3 pies por segundo, y q se quiera averiguar cual deba ser la altura de la superficie del ag en la corriente sea canal, rio, &c. para que en 10 minutos, y un tubo adicional de 30 pies de largo y de 4 pulgadas de diám resulte un gasto de 500 pies cúbicos.

En este caso, no hay que hacer otra cosa que resolver la cu tion como si el agua estuviese en reposo; es decir, que practicaríam exactamente lo mismo que hemos hecho en el espresado (§ 73) obtendrémos que el centro del orificio se deberá colocar 3,892 pies mas abajo que la superficie del agua. Esto es en el supuesto que dicha superficie del líquido debiese permanecer en reposo; m para atender á la circunstancia de hallarse en movimiento y con velocidad de 3 pies por segundo, tenemos ahora que hallar la alt debida á esta velocidad en Córdoba; y como allí la fuerza de la g vedad es 35. berémos dividir el cuadrado 9 de la velo

3 865, que es 70,1730, y resulta

cual debe añadirse á la 3,892

trémos por resultado final que

4,02031 *pies mas bajo*

ficie del agua en la corriente, atendiendo á todas las circuns-
s de la cuestion.

on lo cual creemos haber resuelto los suficientes ejemplos para
s lectores adquieran la competente destreza, y no encuentren
tad en los demas que puedan ocurrirles.

CAPÍTULO IV.

*lucion de las principales cuestiones que pueden ocurrir acerca
salida del agua por aberturas hechas en paredes delgadas
que el orificio es muy pequeño en comparacion de la superficie
del depósito.*

En el capítulo II del presente libro hemos manifestado el mo-
resolver las cuestiones relativas á la salida del agua de los de-
s en que se halla contenida, suponiendo que la figura del orifi-
a embudada y que no había contraccion. En el III hemos
estado el modo de hacer la correccion oportuna cuando el orifi-
o teniendo la forma embudada, presenta el fenómeno de la con-
on; y cuanto he dicho acerca del uso de las tablas, que allí he
ado, tomándolas de las notas de *Mr. Navier* al primer tomo
Arquitectura Hidráulica de Belidor, es fruto de mis propias
igaciones; y en mi concepto no deja ya lugar esta materia á in-
umbres y dudas sobre el modo de hacer esta correccion. Pero se-
e la mayor importancia el que las espresadas tablas se rectifica-
estendiesen, en virtud de nuevos esperimentos, que si fuesen en
ro pais y con las circunstancias indicadas (90 libr. 2.°), produ-
ventajas de mucha consideracion. Mas como en los libros se
por lo general la distincion de los desagües por orificios hechos
redes delgadas, y por tubos adicionales, vamos nosotros tam-
á preparar las fórmulas que deben servir en este caso, y á fa-
riar al lector con el modo de usarlas, resolviendo el competente
ero de ejemplos.

Pero ántes debemos advertir, que usan los Autores, al ha-
de este caso, la espresion inexacta y capaz de inducir á error,
orificio es *infinitamente pequeño*. Aquí las palabras están
ccion con las idéas; pues en rigor matemático, un orificio
te pequeño no daría paso al líquido. Esta locucion figura-
no entenderla en el sentido que la hemos usado en nuestra

Mecánica, á saber, que la superficie del orificio es muy pequeña e comparacion de la del vaso ó depósito.

80 Hasta ahora, tomando términos medios entre los esperime tos, se ha procedido en el concepto de que cuando el orificio está h cho en paredes delgadas *, el coeficiente de contraccion es 0,62; p lo que el contenido de este capítulo se reduce á multiplicar la (ec. por 0,62 y hacer aplicacion á las diferentes cuestiones á que ella sus derivadas pueden dar lugar.

Luego tendrémos $Q = 0{,}62 \times k \times t \times \sqrt{2g \times h}$ (25)

En la cual Q representa la cantidad de agua que sale, á que mo hemos dicho se llama *gasto*; k la superficie del orificio; t tiempo en que sale el agua, espresado siempre en segundos; g la fu za de la gravedad en el parage de que se trata, y h la altura de superficie del agua en el depósito sobre el centro de gravedad del o ficio, que es lo que se llama *la carga*, pero espresada en la mis unidad lineal á que se refiere la superficie k, y el volúmen Q; y duciendo en regla la espresada ecuacion, quiere decir, que *para contrar la cantidad Q de agua, que sale de un depósito que p manece constantemente lleno por un orificio* k, *cuya superficie pequeña en comparacion de la del depósito, y que esté hecho en de las paredes que se supone de poco grueso en un tiempo t terminado, se debe multiplicar el número constante* 0,62 *por superficie del orificio ó abertura; el producto que resulte, se verá á multiplicar por el número de segundos que ha de estar liendo el agua; y lo que se obtenga, por la raiz cuadrada del p ducto del duplo de la fuerza de la gravedad en el parage en que verifica la evacuacion, por la carga ó altura del agua en el depó*

Esta regla, así como todas las que sigan, la podrémos enun con mas sencillez teniendo presente que cuando se dice *el producto una cantidad por otra, por otra, por otra* &c. quiere decir que *que resulte de la multiplicacion primera, se ha de multiplicar lo que sigue; y lo que se obtenga, se debe multiplicar por lo que gue* &c., de modo que la regla anterior, quedará enunciada con concision, sin perjudicar á la claridad, del modo siguiente: *mu*

* Ya hemos manifestado (55) que esta espresion de *paredes de* mas para fijar de algun modo esta significacion, deberéme el coeficiente 0,62 corresponde aproximadamente al cast la pared no esceda á la mitad del diámetro del orificio de la carga.

ese 0,62 por la superficie del orificio, por el número de segun- por la raiz cuadrada del duplo de la gravedad por la carga.

Debemos advertir que en esta ecuacion y en todas las demas, ura h del depósito, la superficie k del orificio, el gasto Q y la g de la gravedad deben referirse á una misma unidad; por lo vara, toesa, pie, pulgada ó línea, y teniendo presente que lo enote g y h es en unidades longitudinales, lo que represente k, es idades superficiales, y Q espresa unidades cúbicas; y el tiempo á de espresar precisa é indispensablemente en segundos.

Tambien debemos indicar que la superficie k para que suminis- á igualdad de abertura, mayor cantidad de agua, debe ser un ono regular y del mayor número de lados posible, y que por de la nota del (§ 34) se consigue fácilmente la construccion de s polígonos que generalmente suele arredrar aun á las perso- le medianos conocimientos.

Si quisiéramos hacer aplicacion de esta fórmula para la si- on de la Habana, en el supuesto de que el orificio sea un pen- o regular, cuyo radio oblicuo tenga 8 líneas, que dure la eva- n 7 horas, y que la altura del agua en el depósito sea de 15 lo primero que debemos determinar es la superficie del orificio, en virtud de la espresada nota del (§ 34), hallarémos ser 33; y practicando ahora la regla, obtendré por último,

$Q=3712$ pies cúbicos.

Si en la ecuacion anterior, despejamos la k, que representa perficie del orificio, tendrémos $k=\frac{Q}{0,62\times t\times\sqrt{2g\times h}}$ (26); la nos puede servir *para encontrar la superficie que debe tener rificio hecho en una pared delgada de un depósito, cuya aber- es conocida, para que, en un tiempo dado salga una canti- determinada de agua, y esta espresion nos dice, que para trarla, se debe dividir el gasto por el producto de 0,62, por mero de segundos que se da y por la raiz cuadrada del pro- del duplo de la gravedad por la carga.*

j. Si en la isla de Tenerife á la misma latitud del pico de e, pero al nivel del mar, se necesitase determinar la superficie debería tener un orificio para suministrar 1000 pies cúbicos de en una hora con cuatro pies de carga; como allí la gravedad 5,04147 pies españoles, practicando la regla que se acaba de lecer, encuentro 0,026759 de pie cuadrado.

Conocida la superficie del orificio, nos sería fácil por medio d lo dicho (nota del § 34) cuando determinásemos su forma, encontr su lado y radio oblicuo para construirle.

84. Si en la misma ecuacion (25), se despeja la t, resulta

$$t=\frac{Q}{0{,}62\times k\times\sqrt{2g\times h}}\ (27);$$

que nos servirá cuando tratemos de *h llar el tiempo que se necesita para que salga por un orificio cu superficie se conoce, una cierta cantidad de agua, de un depós to en que tambien es conocida la carga*: y quiere decir, *que hallará el espresado tiempo, dividiendo el gasto por el produc de* 0,62, *por la superficie del orificio y por la raiz cuadrada d producto del duplo de la gravedad por la carga.*

Ej. Supongamos que á la misma altura de las nieves perpétu en el pico de Teide se pida el tiempo que se necesita para que sa gan 800 pies cúbicos de agua por un orificio de 9 pulgadas cuadr das con una carga de 5 piés. En este caso, no deberé perder vista que teniendo el pie cuadrado 144 pulgadas cuadradas, las pulgadas cuadradas que tiene el orificio equivalen á $\frac{1}{16}$ ó á 0,062 de pie cuadrado; y como la fuerza de la gravedad, en dicho para es 35,00773, practicando la regla encuentro por último resulta 1103,4 segundos, que vienen á ser 18 minutos y 23,4 segundos.

85. Si despejamos h, resultará $h=\frac{Q^2}{0{,}7688gk^2t^2}$ (28); la cu nos puede servir *para encontrar la altura* h *que se debe dar un depósito sobre el centro de gravedad de un orificio* k, *ó que debe estar la superficie del agua en un depósito mas alta q el centro de gravedad del mismo orificio, para que, en un tiem po conocido, salga por dicho orificio tambien determinado un cantidad de agua conocida y espresada por* Q; y esta fórmula n dice, *que se cuadre el gasto, ó lo que es lo mismo el número qu represente la cantidad de agua que ha de salir, y esto se divida por el producto de* 0,7688 *por la gravedad en el parage donde se opera, por el cuadrado de la superficie* k *del orificio, y por el cuadrado del número* t *de segundos.*

Ej. Si en Valencia quisiéramos determinar la altura que debía tener un depósito para que en 3 minutos saliesen 90 pies cúbicos de a por un orificio dodecágonal, cuyo lado tuviese dos líneas de ; lo que deberíamos determinar ante todas cosas era la superfi-

ie del espresado orificio; y en virtud de la nota del (§ 34) hallaíamos 0,002159 de pie cuadrado; y practicando ahora la regla anerior, se halla por último que el nivel del agua en el depósito debía star 1988 pies mas alto que el centro de gravedad del dodecágono.

86 Estas fórmulas y reglas son generales para cualquier punto del Globo Terrestre, sustituyendo en vez de la fuerza de la gravedad, y el valor que le corresponde por la cuestion que hemos enseñado á resolver en general (5); mas para Madrid y casi todos los puntos de la Península, podrémos poner la ecuacion fundamental (25) mas sencilla, sustituyendo desde luego, en vez de la fuerza de la gravedad g, su valor en Madrid como término medio de toda la España, que es 35,0961 pies españoles; y ejecutando todas las operaciones numéricas, resulta la ecuacion fundamental para Madrid, y demas parages á que pueda corresponder como término medio la siguiente: $Q=5,19441\times k\times t\times\sqrt{h}$ (29). La cual suministra la siguiente regla práctica. *Para encontrar la cantidad de agua ó el gasto que suministra un depósito, cuya altura se conoce, por un orificio dado, en un cierto número de segundos, se practicará lo siguiente: multiplíquese 5,19441 por la superficie del orificio, por el número de segundos y por la raiz cuadrada de la altura del depósito.*

Ej. Supongamos un estanque en el cual tenga el agua 3 pies de altura sobre el centro de gravedad de un orificio rectangular, hecho en una de las paredes que sea delgada, y en que el lado horizontal de dicho orificio sea de 4 pulgadas, y el vertical de dos pulgadas, y que el tiempo sea una hora.

Aquí es necesario empezar por espresar los lados del orificio en fracciones de pie; y así, el lado horizontal vendrá espresado por $\frac{4}{12}$ de pie, ó lo que es lo mismo por $\frac{1}{3}$ de pie, y el vertical por $\frac{2}{12}$ ó $\frac{1}{6}$; multiplicando $\frac{1}{3}$ por $\frac{1}{6}$, hallo $\frac{1}{18}$ de pie cuadrado, que espresará la superficie del orificio. El tiempo deberé espresarle en segundos; y como una hora tiene 60 minutos primeros, y el minuto primero 60 minutos segundos, resulta que una hora tendrá 3600 segundos. Por consiguiente, practicando la regla, tendré que multiplicar primero el número constante 5,19441 por $\frac{1}{18}$; lo que se reduce á dividir dicho número constante por 18, y hallo 0,28858. Este producto le multiplicaré por 3600 segundos, lo que dará 1038,888; y esto lo multiplicar por la raiz cuadrada de la altura 3 pies, la cual es &c., y tendré por último que la cantidad de agua, que saldrá en espresado tiempo, estará representada por 1799 pies cúbicos.

Y si quisiera espresar este resultado en libras, arrobas ó quint les, como el pie cúbico español de agua, á la temperatura ordinari se puede graduar que pesa (§ 241 Mec. Prác.) 47 libras, tend 84553 libras, que hacen 845 quintales, 2 arrobas y 3 libras *.

87 *ADVERTENCIA importantísima.* En la fórmula (25 así como en las (26, 27, y 28) que se derivan de ella, y en tod las que contengan indeterminada la fuerza g de la gravedad, com es la (7) y cuantas de ella se deducen, es preciso tener presente q la unidad á que se refiera tanto la g, como la h, la k y la Q, pu den ser cualquiera de las unidades de longitud, como pie, vara, pu gada, línea, toesa, braza, metro &c., y no resultará ningun er con tal que el valor g de la gravedad, en el parage donde se oper se esprese en dicha unidad lineal y que el valor de h se esprese la misma unidad lineal, el de k en la misma unidad, pero supe ficial, y Q en la misma unidad, pero cúbica, segun hemos e presado (78).

Mas en la (ec. 29), y en las que de ella se deduzcan, así com en cualesquiera otras, en que se tenga indeterminada la fuerza de gravedad y el valor numérico de esta se halle envuelto en el coe ciente constante, ya es indispensable que tanto la h, como la k la Q se refieran precisa é indispensablemente al pie español, no p diendo de vista, que h representa siempre pies lineales, k pies s perficiales y Q pies cúbicos. Repetimos que esto es de la mayor i portancia, porque son frecuentes los errores que por descuidos de e ta naturaleza se cometen aun por personas de profundos conocimient

88 Si quisiéramos averiguar la superficie que debía tener en M drid un orificio, para que, en un tiempo dado, saliese por él u cierta cantidad de agua, de un depósito cuya altura fuese conoci despejaríamos, en la ecuacion fundamental (29), la k, y tendr mos $k=\frac{Q}{5,19441\times t\times\sqrt{h}}$ (30); la cual suministra la siguiente gla práctica: *Divídase el gasto por el producto que resulte de m*

* Para que se advierta la multitud de errores que se cometerían si e cuestion se resolviese por el método con que se esplica en los libros ant es á mis obras, no hay mas que resolverla por la fórmula $2k\times t\times\sqrt{2g\times h}$, suponiendo que g vale 30 pies y dos pulgadas, y q o de agua dulce pesa 70 libras, que es como se han acostum lver tales cuestiones.

iplicar 5,19441, *por el tiempo, y por la raiz cuadrada de la al-ura*; y se tendrá la superficie que se buscaba.

Ej. Supongamos que se nos pida determinar la superficie que eberá tener un orificio para que en 30 minutos puedan salir 40 pies úbicos de agua, de un depósito en que este líquido se halla 6 pies as alto que el parage donde se ha de colocar el centro de grave-ad del orificio.

Siguiendo la regla, multiplicaré primero el número 5,19441 or 1800 segundos que hay en 30 minutos, y obtendré 9349,938; sto lo multiplicaré por la raiz cuadrada de 6 pies, que es 2,449 y tendré 22897,998162; dividiendo ahora el gasto, que es 40 pies úbicos, por este número 22897,998162, resulta 0,001747 de pie adrado ó superficial; para ver las pulgadas cuadradas que tiene, eberé multiplicar este resultado por 144 pulgadas que tiene el pie adrado; y obtengo 0,251568 de pulgada cuadrada; y como no lle-á una pulgada cuadrada, lo reduciré á líneas cuadradas, mul-licando este número 0,251568 por 144, que son las líneas cua-adas que contiene una pulgada superficial, y hallo 36,225792; y iere decir *que se debe dar al orificio treinta y seis líneas cua-adas, y doscientas veinte y seis milésimas de línea cuadrada* mando solo tres cifras decimales y apreciando la tercera por esceso).

Ahora, dos números cualesquiera, cuyo producto dé 36,226 co-serían por ejemplo 2 líneas y 18,113 líneas, ó aproximadamen-12, y 3, podrían representar los lados de un rectángulo que cum-ese con las condiciones que se pedían; pero, como ya hemos di-(al fin de la nota del § 34), siempre sería mas conveniente que el ficio fuese cuadrado; por lo que *deberémos hallar la raiz cuadra-de* 36,225792; lo que nos dará 6,018; y quiere decir que for-ndo un *cuadrado cuyo lado tenga* 6 *líneas y* 18 *milésimas de a línea*, tendrémos encontrado lo que se pedía; y como 18 milé-mas de línea, apenas se pueden apreciar, tomarémos solo las 6 líneas.

89 Si nos propusiéramos hallar el tiempo que se necesitaría en adrid para que por un orificio y carga que nos den, salga una can-dad determinada de agua, despejaríamos la t en la (ec. 29); lo

nos dará $t = \dfrac{Q}{5,19441 \times k \times \sqrt{h}}$ (31); que suministra la si-

regla: *Divídase el gasto por el producto de* 5,19441 *por la ie del orificio y por la raiz cuadrada de la carga.*

Supongamos que se quiera saber el número de segundos en

con una carga conocida, despejaríamos la t en la (ec. 33); lo que

da $t = \frac{Q}{4{,}079679225 \times D^2 \times \sqrt{h}}$ (35); que suministra la siguiente r

práctica: *Divídase el gasto por el producto de 4,079679225, po cuadrado del diámetro, y por la raiz cuadrada de la altura ó ca*

Ej. Supongamos que se quiera *saber en cuanto tiempo sal* 500 *pulgadas cúbicas de agua, por un orificio de media pulgad diámetro y bajo una carga de* 48 *pulgadas.* Siguiendo la regla niendo presente lo dicho (87), resultan 20,4 segundos.

94 Si se quiere *determinar cual deba ser la altura del n del fluido en el depósito sobre el centro de un orificio de un metro dado, para que en un tiempo determinado suministrase cantidad fija de agua*, despejaríamos h en la (ec. 33), y obtendría

$h = \left(\frac{Q}{4{,}079679225 \times D^2 \times t}\right)^2$ (36); que suministra la sigui

regla práctica: *Divídase el gasto, por el producto de 4,079679 por el caadrado del diámetro y por el tiempo; y lo que re elévese al cuadrado, y se tendrá la altura pedida.*

Ej. Propongámonos *determinar qué carga deberá darse al tro de un orificio de* $\frac{2}{3}$ *de pulgada de diámetro, para que, en segundos, dé* 1000 *pulgadas cúbicas de agua.*

Practicando la regla, teniendo siempre presente lo dicho (hallo 0,0524 de pie, que equivalen á 7,5 líneas. Luego el c *del mencionado orificio* se deberá colocar siete líneas y media bajo que la superficie del agua en el depósito.

CAPÍTULO V.

Resolucion de las principales cuestiones que pueden ocurrir ac de la evacuacion ó salida del agua por orificios á que se ad un tubo adicional, en el supuesto de que la superficie del or sea muy pequeña en comparacion de la superficie del depós en que este subsista constantemente lleno.

Por las razones dadas al principio del capítulo prece olver aquí las cuestiones sobre la evacuacion del que se adapta un tubo, que se denomina *aditi*

onal. En este caso, el coeficiente de contraccion se puede repu- por término medio, que es 0,81 como resulta de lo espuesto 3o Mec.), y tambien por lo dicho en el capítulo III párrafo 54*. o aquí nos bastará multiplicar el segundo miembro de la (ec. 7)),81, y tendrémos $Q=0,81\times k\times t\times\sqrt{2g\times h}$ (37); la cual la la siguiente regla práctica: *para encontrar la cantidad Q gua, que sale de un depósito que permanece constantemente , por un orificio pequeño á que se adapta un tubo adicional, un tiempo t determinado, se debe multiplicar el número cons- 0,81 por la superficie del orificio ó abertura; por el núme- segundos que ha de durar el desagüe, y por la raiz cua- del producto del duplo de la fuerza de la gravedad en el e donde se verifica la evacuacion por la carga ó altura del en el depósito sobre el centro del orificio.*

i. Supongamos que se nos pida el gasto que se obtendrá en cia por un orificio regular y exagonal, cuyo lado sea de 1 da, la carga ó altura de 4 pies, y el desagüe continúe por 2 horas. racticando la regla, encuentro 3966,637 pies cúbicos.

Si en la ecuacion anterior, despejamos la k, que representa erficie del orificio, tendrémos $k=\frac{Q}{0,81\times t\times\sqrt{2gh}}$ (38); la cual uede servir para *encontrar la superficie que debe tener un o al cual se adapte un tubo adicional, para que en un tiem- do y con una carga conocida, salga una cantidad determi- de agua*; y esta espresion nos dice: que *para encontrarla, e dividir el gasto por el producto de* 0,81, *por el número de dos que se da, y por la raiz cuadrada del producto del du- la fuerza de la gravedad por la carga.*

Si en Manzanares de la Mancha se necesitase determinar la icie que debería tener el orificio con un tubo adicional para su- trar 1200 pies cúbicos de agua en 1 hora, con 5 pies de car- aciendo el cálculo, hallo 0,014646 de pie cuadrado, ó 2 pul- cuadradas y 1 décima parte de otra pulgada cuadrada.

Así como hemos hecho (nota del § 80), debemos advertir que esta *tubo adicional* es vaga, del mismo modo que la de *pared delgada*; a fijar de algun modo su significado, debemos decir que el coefi- 0,81 corresponde al caso en que la longitud del tubo equivale á unas ces al diámetro.

ocida esta superficie, quisiéramos darle una forma regu-
ríamos por medio de la tabla (nota del § 34), el lado
) que quisiéramos; en seguida el radio oblicuo y s

en la misma (ec. 37) se despeja la t, resultará

)

$\frac{\quad}{\times\sqrt{2gh}}$(39); que nos puede servir para *encontrar*
se necesita para que salga por un orificio conocid
é adaptado un tubo adicional, una cierta cantidad
n depósito en que tambien se sabe la carga; y quie
se hallará el espresado tiempo, dividiendo el g
ducto de 0,81 *por la superficie del orificio y por*
ida del producto del duplo de la gravedad por la car
ipongamos que se quiera saber cuanto tiempo debería
güe de un depósito en Vergara, para que por un ori
das cuadradas, que tuviese un tubo adicional y una
ies, saliesen 3000 pies cúbicos de agua.
ando la regla, encuentro 3354 segundos, que equiva
ntos y 54 segundos.
en la misma (ec. 37), despejamos h, resultará

$\frac{Q^2}{\quad}$(40); la cual nos puede servir, *para enc*

99 Si, en estas fórmulas generales, ponemos en vez de g su va-
r en Madrid, que es 35,0961 pies españoles, y que se puede to-
ar como término medio para toda España, tendrémos análogamente
lo dicho (83), $Q=6,786244\times k\times t\times\sqrt{h}$ (41); la cual suministra la si-
iente regla práctica: *para encontrar la cantidad de agua ó el
uto que suministra un depósito, cuya altura se conoce, por un
ificio dado, al cual esté adaptado un tubo adicional, en un cier-
número de segundos*, se practicará lo siguiente. *Multiplique-
6,786244 por la superficie del orificio, por el número de se-
ndos y por la raiz cuadrada de la altura del agua en el depósito.*

Ej. Supongamos un estanque donde el agua esté 4 pies mas al-
que el centro de gravedad de un orificio rectangular, que tenga
cañon adicional de la misma figura, cuyo lado horizontal sea
4 pulgadas y el vertical de 3 pulgadas, que corra el agua por
cio de 6 horas; y que se pregunte cual será el gasto.

Haciendo el cálculo, hallo 24430,5 pies cúbicos.

100 Si quisiéramos averiguar la superficie que debía tener en
drid ó cualquiera otro parage en que se pueda tomar la fuerza de
gravedad de dicha posicion por término medio, para que, en un
po dado, y con un tubo adicional, saliese por él una cierta can-
l de agua, de un depósito cuya altura fuese conocida, despeja-
mos k en la (ec. 41); y tendríamos $k=\frac{Q}{6,786244\times t\times\sqrt{h}}$ (42); la
l suministra la siguiente regla práctica: *Divídase el gasto por el
ducto que resulta de multiplicar 6,786244 por el tiempo y por
raiz cuadrada de la altura*, y se tendrá la superficie buscada.

Ej. Supongamos que se nos pida encontrar la superficie que
rá tener un orificio para que en 15 minutos puedan salir 2600
cúbicos de agua de un depósito, en que la superficie de este lí-
do se halla 10 pies mas alta que el parage donde se ha de colo-
el centro del orificio que ha de llevar un cañuto adicional.

Siguiendo la regla, obtengo 0,1346 de pie cuadrado, que equi-
le á 19 pulgadas cuadradas y 55 líneas cuadradas.

Si nos propusiéramos hallar el tiempo que se necesitaría en
d para que por un orificio conocido, al cual se hubiese adap-
n tubo adicional, y con una carga que se nos dé, salga una
ad determinada de agua, despejaríamos la t en la (ec. 41); lo

$$t=\frac{Q}{6{,}786244\times k\times\sqrt{h}}$$ (43); que suministra la sigu

ividase el gasto por el producto 6,786244, *por la su orificio, y por la raiz cuadrada de la carga.*

Supongamos que se quiera saber el número de segund rificio de 6 pulgadas cuadradas con su tubo adicional y 16 pies, dará 4200 pies cúbicos de agua.

ticando la regla, encuentro 3713 segundos ó 1 hora, 3 segundos.

Si dado el tiempo y la superficie del orificio, se busca e debia tener el agua en el depósito para que en M a cantidad determinada de agua, despejaríamos la h

y obtendríamos $h=\left(\frac{Q}{6{,}786244\times k\times t}\right)^2$ (44); que

uiente regla práctica: *Divídase el gasto por el produc 4, por la superficie del orificio y por el tiempo, y e drado el cociente que resulte.*

Supongamos que un orificio de 4 pulgadas cuadrada , con su tubo adicional, deba suministrar en tres cu 740 pies cúbicos de agua, y que se quiera encontrar la eba tener la superficie del agua en el depósito respect

tubo adicional, se multiplicará el número 5,32990357 4 *por el cuadrado del diámetro del orificio, por el número de segundos, y por la raiz cuadrada de la carga.*

Ej. Se deséa encontrar el gasto que produciría en 10 minutos un orificio de 2 pulgadas de diámetro, al cual se hubiese adaptado un tubo adicional con una carga de $2\frac{1}{2}$ pies. Practicando la regla, encuentro 140,5 pies cúbicos.

104 Si quisiéramos averiguar el diámetro que debe tener un orificio para dar salida á una cantidad determinada de agua, cuando se le hubiese adaptado un tubo adicional, en un tiempo dado y con una carga conocida, despejarémos la D en la (ec. 45), lo que nos dá $D=\sqrt{\frac{Q}{5,32990357 4\times t\times\sqrt{h}}}$ (46); que suministra la siguiente regla práctica: *Divídase el gasto por el producto de* 2990357 4 *por el número de segundos y por la raiz cuadrada de la altura; y de lo que resulte, estráigase la raiz cuadrada.*

Ej. Supongamos que se quiera encontrar el diámetro de un orificio, que lleva un tubo adicional, en el supuesto de que en 20 minutos y con una carga de 2 pies, produzca 65 pies cúbicos de agua. Practicando la regla, encuentro 0,085 de pie, que equivale á 1 pulgada poco mas.

105 Si quisiéramos determinar el tiempo en que saldría una cantidad determinada de agua, por un orificio de un diámetro dado, si se llevase un tubo adicional, con una carga conocida, despejaríamos t en la (ec. 45); lo que nos dará $t=\frac{Q}{5,32990357 4\times D^2\times\sqrt{h}}$ (47); dada la siguiente regla práctica: *Divídase el gasto por el producto de* 5,32990357 4 *por el cuadrado del diámetro y de la raiz cuadrada de la altura ó carga.*

Ej. Supongamos que se quiere saber en cuanto tiempo saldrán 65 pies cúbicos de agua por un orificio de 1 pulgada de diámetro con una carga de 4 pies.

Siguiendo la regla, encuentro 3 horas, 22 minutos y 39 segundos.

106 Si se tratase de hallar cual debía ser la altura del nivel mantenido en el depósito, sobre el centro de un orificio cuyo diámetro es dado, y que llevase un tubo adicional, para que en un tiempo determinado, suministrase una cantidad conocida de agua, despejaríamos la h en la (ec. 45), y obtendríamos

$h=\left(\frac{Q}{5{,}32990357 4\times D^2\times t}\right)^2$ (48); que suministra la siguiente regla práctica: *Divídase el gasto por el producto de* 5,32990357 4, *por el cuadrado del diámetro y por el tiempo; y elévese al cuadrado lo que resulte, con lo cual se tendrá la altura pedida.*

Ej. Propongámonos determinar qué carga deberá darse al centro de un orificio circular, de 5 pulgadas de diámetro que lleva un tubo aditicio para que en media hora suministre 4500 pies cúbicos de agua.

Practicando la regla, encuentro que la carga que cumple con las condiciones de la cuestion es 3 pies, 6 pulgadas y 3 líneas.

CAPÍTULO VI.

Reflexiones generales acerca del movimiento del agua en vasos ó depósitos que no permanecen constantemente llenos; y determinacion del tiempo en que se vacia en todo ó en parte un depósito, cuya forma es prismática ó cilíndrica, por un orificio dado y con una carga determinada; en el supuesto de que el depósito no recibe agua ninguna, sinó que va quedando vacío al paso que se verifica la evacuacion.

107 La velocidad con que sale el fluido por un orificio cualquiera, depende de la diferencia de nivel entre la superficie superior del fluido en el depósito y el centro de gravedad del orificio, segun espresa la fórmula (6). De aquí se infiere que cuando se abre un orificio en un vaso ó depósito cualquiera, y este no recibe agua, el líquido de que se trata, al paso que vá saliendo, se va disminuyendo su altura en el depósito; y por consiguiente vá menguando la velocidad, de modo que el movimiento es retardado. Por lo cual cometeria un grande error, el que habiendo abierto un tonel, pipa ó cuba, y habiendo estraido por la *espita* ú orificio, en una hora por ejemplo cuarenta botellas de vino, se figurase que en las dos horas siguientes obtendría ochenta botellas, ó veinte en la media hora que seguia.

108 Por esta razon, es indispensable ocuparse en particular de esta materia, que ofrece grandes dificultades cuando la figura del vaso no es regular, y que solo se puede resolver haciendo uso del Cálculo Integral en cada caso cuando el vaso tiene la figura de un cuerpo de revolucion. Pero si el vaso ó depósito tiene la forma de un pris-

a ó un cilindro, se puede resolver con mucha facilidad y bastante tisfactoriamente esta cuestion. *Determinar en cuanto tiempo se va-rá en parte ó en todo un depósito cuya forma es prismática cilíndrica.*

En efecto, llamando K la superficie del depósito, k la del orifi-o, h la altura de la superficie del agua en el depósito sobre el cen-de gravedad del orificio, y u la altura que deba tener el agua en depósito, cuando ha de cesar la evacuacion, por t el espresado mpo, y por g la fuerza de la gravedad, hemos obtenido (§ 573 Mec.) ecuacion que allí hemos señalado con el número (688), y es la que

$$t=\frac{2K}{k\sqrt{2g}}\times\left(\sqrt{h}-\sqrt{h-u}\right) \quad (49);$$

y para deducir el tiempo que se vacia enteramente el vaso, no hay mas que suponer que u igual con h; en cuyo caso la ecuacion anterior se nos convierte, ces de simplificada, en

$$t=\frac{K}{k}\sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (50);$$

que es la que allí os señalado con el número (689).

09 La primera, traducida en regla quiere decir, *que para en-trar el tiempo en que se ha de vaciar en parte un depósito has-que la altura del líquido sobre el centro del orificio se reduzca , se dividirá el doble de la superficie del líquido* (que es igual la superficie de la base del depósito por ser este cilíndrico ó pris-ico), *por el producto de la superficie del orificio, por la raiz drada del doble de la fuerza de la gravedad; y este cociente se tiplicará por la diferencia de las raices cuadradas de la altura , y de la que resulte cuando cesa la evacuacion.*

10 Y la segunda, que *para encontrar el tiempo en que se va-rá enteramente el depósito, se dividirá el doble de la altura ó a por la fuerza de la gravedad; de este se estraerá la raiz drada; y esta se multiplicará por la relacion de la superficie líquido ó base del depósito á la superficie del orificio.*

11 Aquí debemos tener en consideracion la contraccion de la fluida; la cual será variable á cada instante, y ofrecerá dificul-s insuperables para determinarla con toda exactitud segun la re-61); pero en estos casos lo que se debe tomar por altura ó car-ra aplicar la regla es un término medio entre la altura mayor menor, ó la mitad de la altura total si se ha de hacer uso de 50).

endo, como se suele hacer generalmente, que el orificio e
redes delgadas, deberémos multiplicar la k por 0,62; y a
l 2 del numerador por 0,62, la (ec. 49) se convertirá e

$$\frac{25806K}{\sqrt{2g}}\left(\sqrt{h}-\sqrt{h-u}\right)\ (51),$$ que es la (702 Mec

Y si sale el agua por un tubo adicional, multiplicando
y dividiendo el 2 del numerador de la misma ecuaci

mero, resulta $t=\frac{2,469136K}{k\sqrt{2g}}\left(\sqrt{h}-\sqrt{h-u}\right)$ (5

(703 de Mec.); las cuales convienen á cualquier para
pues está en ellas indeterminada la fuerza g de la graved
ustituyendo por g, su valor 35,0961 pies, estrayen
drada y dividiendo por ella el factor numérico del num
tendrémos convertidas para Madrid y todos aquellos p
Península á que puede convenir su gravedad por va
las siguientes:

redes delgadas, se tiene $t=0,385029\frac{K}{k}\left(\sqrt{h}-\sqrt{h-u}\right)$ (5

uando se ponen tubos aditicios, resulta

$K($

iempo. Para conseguirlo, segun la regla, multiplicaré el número 5029 por el cociente de dividir 500 por $\frac{1}{4}$, que da (151 Ar.) 2000, y ejecutando dicha multiplicacion, resultará 770,058; debemos multiplicar este valor por la diferencia entre la raiz ada de 9, que es 3 y la de 9 ménos 5, que es 2; y como 3 2 es 1, y de multiplicar el 770,058 por 1, resulta el mis- 70,058, tendrémos que *se vaciará hasta la altura dicha en segundos de tiempo.*

4 La fórmula para cuando sale el agua por tubos aditicios, la siguiente regla práctica: *multiplíquese el número* 0,294714 *l cociente que resulta de dividir la superficie del depó- por la del orificio; y todo esto por la diferencia que hay la raiz cuadrada de la altura total y la raiz cua- de la diferencia entre la altura total y la en que debe pa- desagüe.*

Si suponemos los mismos datos que en la cuestion anterior, mas un tubo adicional, siguiendo la regla, multiplicarémos 714 por 2000, y hallamos 589,428; lo que nos da ménos , á causa de que siendo menor la contraccion, sale mas agua la instante, y por consiguiente en ménos tiempo se vaciará has- misma altura.

5 El determinar el tiempo en que se vacía completamente un to es algo incierto; porque al acabar de salir el agua, se for- cierta altura, una especie de remolino, caracol ó embudo en a del orificio, que hace dudoso el fin de la salida; pero las las anteriores, suponiendo la altura u, igual con toda la altu- se convierten:

a que sirve para cuando el orificio se hace en paredes delga-

en $t=0{,}385029\frac{K}{k}\sqrt{h}$ (55); que traducida en regla dice que

llará el tiempo total en que se vacía un depósito prismático ndrico, multiplicando el 0,385029 *por el cociente de dividir perficie del depósito por la del orificio, y vuelto á multi- por la raiz cuadrada de la altura total*; así es, que hacien- al mismo estanque, hallarémos que se vacía completa- 10 segundos.

órmula (54) para determinar el tiempo en que se va- te un depósito de la forma enunciada, cuando sale el

r tubos adicionales, se convierte en $t=0,294714\frac{K}{k}\sqrt{h}$

suministra la siguiente regla práctica: *multiplíquese e*
,294714, *por el cociente de la superficie del depósito*
r la del orificio, y lo que resulte se volverá á multi
raiz cuadrada de la altura.

Haciendo aplicacion al mismo estanque de ántes, se
caso 1768 segundos.

hemos manifestado (§ 5 libr. 2°) que los antiguos, fu
teoría, formaron los relojes de agua, á que llamaron (
hemos indicado las circunstancias que reunía el ingeni
; pero debemos advertir que, como objeto de una ilu
ad, es sumamente interesante; mas para medir el tiem
l, en el dia, no se puede emplear con ventajas respe
s medios conocidos.

CAPÍTULO VII.

medicion de las aguas que salen por orificios vertica
sensible, ya sean rectangulares cerrados ó abiertos
superior, ya sean circulares, y ya se considere el a

agua por orificios hechos en paredes verticales, ya tengan estos forma rectangular, comprendiendo los dos casos de estar cerrados ó iertos por la parte superior, ó ya tengan la forma circular.

118 Ocupémonos ante todas cosas de los orificios rectangulares rados por arriba, proponiéndonos la siguiente

Cuestion. *Determinar la cantidad de agua ó de cualquier otro ido ó líquido, que sale de un depósito, que permanece constanmente lleno, por un orificio rectangular vertical de cualesquiera mensiones y en un tiempo determinado.*

Este es el caso que se presenta generalmente cuando se trata de nar una esclusa por el agua que hay en el trozo superior de un nal, ó cuando en un depósito de agua cualquiera se levanta una mpuerta hasta una cierta altura, para que por el hueco que ella ja entre su parte inferior y la base sobre que insiste, salga una rta cantidad de agua para mover una rueda hidráulica en algun tablecimiento industrial, para regar una determinada cantidad de reno, ó para satisfacer á cualquier otro objeto de necesidad ó conniencia de los pueblos.

Supongamos que *LMNP* (figuras 29 y 30) represente una puerta una esclusa ó una pared de un estanque ó depósito cualquiera agua; y que *ABCD* sea la abertura rectangular que resulta cuanse sube la compuerta, ó lo que se suele llamar *postigo* de la essa. Si espresamos por *H* la altura *OH* del nivel superior de las uas sobre *AB*, lado inferior de la abertura rectangular; por *h* la ura *Oh* sobre *DC*, lado horizontal superior de la abertura; por *l* lado *AB* de la espresada abertura, por *t* el número de segundos que se verifica el desagüe, y por *Q* el gasto, tendrémos la siguiente mula $Q=\frac{2}{3}\times l\times t\times\sqrt{2g}\times(\sqrt{H^3}-\sqrt{h^3})$ (57); * la cual, traducida

---

* *Para deducirla, debemos observar que la velocidad que tenel filete de agua próximo al lado* AB (*figs.* 29 *y* 30), *que es nferior de la abertura, será la debida á* OH, *altura del agua l espresado trozo de canal sobre dicho lado; la velocidad que ra el agua correspondiente al filete próximo á* CD, *será la ida á la altura* Oh; *y la velocidad con que salga el agua de e cualquiera, que, mientras mas delgado lo supongamos, ejor, estará representada por la debida á la altura que esa distancia que haya entre el punto* O *y la línea que sirve e inferior al filete, cuyo grueso se deberá concebir tan pe-*

la, nos dice que para *encontrar el gasto del agua que*
bertura rectangular de un tamaño sensible, y forma
e tomen los dos tercios del producto que resulte de
l lado horizontal del rectángulo que forma la abertu
nero de segundos que dura la evacuacion; lo que res
z cuadrada del duplo de la fuerza de la gravedad;
enga, por la diferencia entre la raiz cuadrada del
ga sobre el lado inferior del rectángulo y la raiz c
ubo de la carga sobre el lado superior del mismo re
rma la abertura.

9 Hagamos aplicacion al mismo caso (9), sin mas d
poner vertical el orificio.

---

como se quiera: en el concepto de que, mientras ma
a, con mas exactitud estableceremos nuestro cál
a, que la velocidad irá creciendo de alto á bajo en
será constante en todos sus elementos horizontales.
, concibamos que uno cualquiera de los filetes se
tado por EFfe, *cuyo grueso* Ii *debiendo suponerl*
pequeño para que todas las partículas de fluido qu
, se puedan suponer animadas de la misma velocida
el grueso Ii *de este filete deberá ser lo que se*
mente pequeño; *luego si espresamos la* OI *por* x, e

emos primero la fórmula para que sirva en Madrid y en arages que puedan reputarse con la misma situacion media. al observarémos que en Madrid

$=\sqrt{70,1922}=8,378078$; y tomando los dos tercios, lo igue (147 Ar. de N.) multiplicando por 2 y dividiendo por . $\sqrt{2g}=5,585385$; por lo que la fórmula anterior, pre-

a Madrid, será $Q=5,585385\times l\times t\times(\sqrt{H^3}-\sqrt{h^3})$ (58); en ra nuestra cuestion, l vale 1 pie, pues suponemos que la un cuadrado de 1 pie de lado; luego multiplicando por 1, l mismo número 5,585385; y como t vale 86164 segun- ará que multiplicando 5,585385 por 86164, obtendré- 59,11314.

, pues, allí habíamos supuesto que la altura del nivel sobre el centro del orificio era 10 pies, y el orificio

---

enta la cantidad de fluido que sale por el filete EFfe, *elemento del gasto total* Q, *será igual con* dQ; *luego*

$dQ=t\times l\times dx\times\sqrt{2gx}$; *y para encontrar el gasto total que la abertura* ABCD, *no tendrémos mas que integrar esta lo que nos dará*

$$\times\sqrt{2gx}=\int.t\times l\times\sqrt{2g}\times x^{\frac{1}{2}}\times dx=t\times l\times\sqrt{2g}\times\frac{x^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}}+C=$$

$$\sqrt{2g}\times x^{\frac{3}{2}}+C.$$

determinar la constante C, *observarémos que la inte- eta, ó el gasto total debe ser cero, cuando la base onfunda con* DC, *que es cuando* $x=Oh=h$; *pues estón- abertura; luego tendrémos*

$\sqrt{2g}\times h^{\frac{3}{2}}+C$; *que da* $C=-\frac{2}{3}\times t\times l\times\sqrt{2g}\times h^{\frac{3}{2}}$; *y sustituyendo en el de* Q, *será* $Q=\frac{2}{3}\times t\times l\times\sqrt{2g}\times x^{\frac{3}{2}}-\frac{2}{3}\times t\times l\times\sqrt{2g}\times h^{\frac{3}{2}}$. *esta espresion nos suministre el agua que salga por toda* ABCD, *deberémos hacer* $x=OH=H$; *y tendrémos por*

$$\times t\times l\times\sqrt{2g}\times H^{\frac{3}{2}}-\frac{2}{3}\times t\times l\times\sqrt{2g}\times h^{\frac{3}{2}}=\frac{2}{3}\times t\times l\times\sqrt{2g}(\sqrt{H^3}-\sqrt{h^3}),$$

del testo.

de altura, su lado inferior distará de la superficie del ti-
s ó 10,5 pies; y el lado superior del cuadrado distará de
: del mismo nivel 9½ pies ó 9,5. Por consiguiente, for-
ıbo de 10,5 y estrayendo de él la raiz cuadrada, se ob-
:39; formando el cubo de 9,5 y estrayendo la raiz cua-
ca 29,2809; restando estas dos raices, obtengo 4,743
ıo, si multiplico este número por 481259,11314, sac
17; cuyo resultado se diferencia del obtenido (9) en qu
02 pies cúbicos ménos que aquel.

paramos este resultado con el obtenido (46) por la fórmula
nos que el acabado de sacar contiene 2994 pies cúbic
gua que el suministrado por la espresada fórmula (24)*
despejando en las (ec.s 57 y 58) las l,t,H,h, tendrém
que nos podrán servir para encontrar una cualquiera de e
les, conocido que sea el valor de las otras; pues $\sqrt{2g}$
da en cualquier parage de la tierra por la cuestion
).

rificio no tiene la forma embudada, será preciso atende
ion, determinando el coeficiente por el procedimiento d
cero.

Belidor, *Bossut*, *Bails* &c. determinan tambien el g
as triangulares, que omitimos por no tener grandes ap

›asa el líquido á cielo descubierto, es absolutamente falsa; deducen la mayor parte de los Autores lleva envuelta la la gravedad y no pueden servir para localidades diferentes s para que están sacadas. La que pone *Mr. Dubuat* tam- ce de inexactitud, á pesar de que el método que sigue es ›so, que el de *Belidor*. Para convencernos de esto, obser- ue este Sabio dice en el (§ 142 del primer tomo de sus *de Hidráulica*).

un depósito *ABCD* (fig. 31, lámina 3.ª que es la 16 de lo primer tomo) constantemente lleno, cuya superficie sea ı una de sus caras *BC*, se hace una abertura, por la cual pueda escapar, cuya altura *BF* espresarémos por *h*, y cu- › representarémos por *z*; y se supone que el agua que sale abertura sea recibida en otro depósito ó lecho, cuya super- as baja que el punto *F*, ó al ménos que esté al mismo ni- ho punto: se pide hallar el gasto de agua que saldrá por la abertura.

on de Mr. Dubuat. Si el agua se pudiese sostener hori- e hasta *B*, la altura *BF* podría considerarse como la del la caida media, debida á la velocidad con que sale, será $\frac{1}{2}h$. Así, suponiendo tambien que la contraccion del orifi- a, resultaría que la velocidad media, estaría espresada $\frac{4}{9}h=\sqrt{724\times\frac{4}{9}h}$; y el gasto sería $\sqrt{724\times\frac{4}{9}h}$; esta es la inaria.

los efectos naturales son bien diferentes, y el primer su- mposible; porque el agua, ántes de llegar á la parte su- a abertura, cascada, rebosadero, desagüe, azud ó ladron u superficie una curva, y sufre una caida, que disminuye emente la altura del orificio, conservando sin embargo la ga *BF* para los filetes inferiores. Entónces se verifican las rcunstancias que si el agua pasase por debajo de una que ocupase la parte *BI* detras de la cual el agua se á nivel en la superficie *AB* del depósito. No hay duda ra *IF* debe depender de la altura entera *BF*, y que de- ma relacion entre estas cantidades; esto es, lo que han nuestros esperimentos, y hemos hallado por relacion la Es verdad que no hemos verificado el hecho por una me- ı; pues lo hemos deducido solo de los gastos relativos á argas sobre el depósito. Así es, que sin poder asegurar

baja real y exactamente la mitad de su altura sobre
verá sin embargo que los gastos calculados, en virtu
ótesis, se conforman bastante bien con la esperiencia."
ste supuesto indica el modo de resolver esta cuestion si
haciendo uso de la parábola que se ve construida en
ra, y analíticamente por el Cálculo Infinitesimal.

Mr. Navier en la nota (cm) puesta en el § 526 del p
de la *Arquitectura Hidráulica de Belidor*, despues
la regla de este Autor es falsa, dice:

bien importante que se pudiese dar una regla exacta
rticular, fundada en un número suficiente de esperim
en grande. Pero, en el interin, darémos á conocer, lo
se sabe. Concibamos un vaso que permanezca siem
2, lám. que es la 10 de la lámina *C* de Belidor); y
sus caras laterales esté adaptado un orificio rectangul
su parte superior, y cuyas caras laterales é inferior te
rma embudada, de manera que todos los filetes de la
n con direcciones paralelas entre sí, á fin de que no h
ntraccion. Sucederá que la superficie del fluido, al ac
salida, se bajará en el vaso (cuya estension se sup
con relacion á la del orificio), de manera, que el ag
correr sobre la altura *ed*, no correrá mas que sobre
esta altura de orificio, tal como *cd*. Es muy verosímil

Por lo cual fundándonos en este dato de *Mr. Robison*, vamos á deducir nosotros de la (ec. 57), la fórmula que conviene á este caso.

126 Para esto no tenemos que hacer mas que suponer en dicha ecuacion $h=\frac{2}{7}H$; y puesto que la *cd* (fig. 32) ha de ser $\frac{5}{7}$ de la altura total *ed*, la parte *ec*, que espresa lo que ha descendido el agua del depósito al acercarse á la abertura de salida, será los $\frac{2}{7}$ de la misma *ed*.

Haciendo la espresada sustitucion en dicha fórmula (57), nos resul-

$$Q=\tfrac{2}{3}\times l\times t\times\sqrt{2g}\times\left(\sqrt{H^3}-\sqrt{(\tfrac{2}{7})^3H^3}\right)=\tfrac{2}{3}l\times t\times\sqrt{2g}.\left(1-\sqrt{(\tfrac{2}{7})^3}\right).\sqrt{H^3}$$

Para reducir á un solo número el factor $1-\sqrt{(\frac{2}{7})^3}$, deberémos observar que $\sqrt{(\frac{2}{7})^3}$, es lo mismo que *hallar la raiz cuadrada del cubo de* $\frac{2}{7}$: y como el cubo de $\frac{2}{7}$ es (240 Ar. de N.) $\frac{8}{343}$, que reducido á decimales (170 Ar. de N.) se convierte en 0,02332362; y estrayendo la raiz cuadrada, se obtiene (228 Ar. de N.) 0,15272; si restamos este valor, de la unidad, sacaremos por diferencia el número 0,84728; el cual multiplicado por el factor constante $\frac{2}{3}$, lo que se consigue multiplicando primero por 2, y dividiendo luego por 3, resulta por último 0,564853; por lo que la fórmula definitiva para encontrar el gasto por un orificio rectangular abierto por arriba, hecho en un depósito bastante grande, con relacion á la abertura, es la siguiente $Q=0{,}564853\times l\times t\times\sqrt{2gH^3}$ (59). La cual suministra la siguiente regla práctica; *para encontrar el gasto hecho por una abertura rectangular de desagüe de un canal, á que se suele llamar ladron, ó de una cascada &c. cuando dicha abertura tiene la forma embudada y no hay contraccion, se multiplicará el duplo de la fuerza de la gravedad por el cubo de la carga total ó altura de la superficie del agua en el depósito sobre el fondo de la abertura; de este producto se estraerá la raiz cuadrada; esta se multiplicará por el número de segundos que dura el desagüe; lo que resulte se volverá á multiplicar por el ancho de la abertura, y el producto que se obtenga, se volverá á multiplicar por el número constante* 0,564853, y el resultado espresará en pies cúbicos el gasto de la mencionada abertura.

Ej. Supongamos que el ancho *eb* de la abertura rectangular, hecha en el depósito (fig. 32) sea de 5 pies, que la altura ó carga *cd* sea de 6 pies, que se quiera saber la cantidad de agua que saldrá en una hora, que se compone de 3600 segundos, y que el estanque

ó depósito se halle en Madrid, como en el Retiro, Moncloa, huerta de la casa de los Pozos &c.

Siendo la fuerza de la gravedad en Madrid 35,0961 pies españoles, su duplo será 70,1922; y siendo la carga total 6 pies, su cubo será 216; multiplico 70,1922 por 216 y hallo 15161,5152 de este producto estraigo la raiz cuadrada y encuentro 123,132105 lo que multiplico por 3600, que son los segundos que dura el desagüe, y obtengo 443275,578; multiplico este número por el ancho de la abertura que es 5 pies, y hallo 2216377,89; lo que vuelvo á multiplicar por el número constante 0,564853 y obtengo por último 1251927,7003; y despreciando la fraccion decimal que sigue á 7, porque no llega á 5, digo que el gasto en el espresado tiempo es 1251927,7 pies cúbicos de agua.

127 Si en la (ec. 59) despejamos la l, tendrémos

$$l=\frac{Q}{0,564853\times t\times\sqrt{2g\times H^3}}\ (60);$$

que traducida en regla nos dice: que *para encontrar el ancho que se debe dar á un orificio lateral de forma rectangular y abierto por arriba para que, con una carga dada suministre una cantidad determinada de agua en un tiempo tambien dado, se multiplicará el duplo de la fuerza de la gravedad por el cubo de la carga total ó altura de la superficie de agua en el depósito sobre el fondo de la abertura; de este producto se estraerá la raiz cuadrada; esta se multiplicará por el número de segundos que dura el desagüe; lo que resulte se volverá á multiplicar por el número constante* 0,564853; *y por el producto que resulte, se dividirá el gasto dado*; con lo cual se obtendrá el ancho pedido.

Ej. Supongamos que se quiera determinar el ancho que debe tener un orificio rectangular y lateral abierto por arriba para que en Manila, donde la fuerza de la gravedad es 34,9891 salgan en 2 minutos 45000 pies cúbicos con una carga de 3 pies.

Practicando la regla, encuentro 1,527 de pie, que equivale á 1 pie 6 pulgadas y 4 líneas, tomando una línea en vez de la fraccion de línea que resulta por pasar de 0,5.

128 Si en la misma (ec. 59) despejamos la t, hallarémos

$$t=\frac{Q}{0,564853\times l\times\sqrt{2g\times H^3}}\ (61),$$

la cual nos dice, que para encontrar el tiempo que ha durado, puede ó debe durar el desagüe,

conocido que sea el gasto, el ancho de la abertura y la altura total del agua en el depósito sobre el fondo de la abertura, se multiplicará el duplo de la fuerza de la gravedad por el cubo de la carga total, de este producto se estraerá la raiz cuadrada; esta se multiplicará por el ancho de la abertura y el producto se multiplicará por el número constante 0,564853; *y dividiendo el gasto por este producto hallado, se tendrá el tiempo que ha durado, ó puede durar el desagüe expresado en segundos.*

Ej. Supongamos que se nos pregunte qué tiempo debe durar el desagüe, para que con una carga de 4 pies y un orificio rectangular abierto por arriba, de 3 pies de ancho, se produzca en Valencia un gasto de 24000 pies cúbicos.

Practicando la regla encuentro 211 segundos, ó lo que es lo mismo 3 minutos y 31 segundos.

129 Si en la citada (ec. 59) despejamos la H, obtendrémos en último $H=\frac{Q^{\frac{2}{3}}}{0,68332\sqrt[3]{l^2t^2 2g}}$ (62).

130 Las personas versadas en los mas sencillos rudimentos de Matemáticas, podrán hacer fácilmente aplicacion de esta fórmula; pero como hemos prometido que todo lo que espongamos ha de estar al alcance de los que solo poséan los conocimientos de mi Aritmética de Niños, vamos á manifestar otro método para determinar la carga ó altura H, el que producirá la ventaja de familiarizar al lector con un procedimiento, por el cual se salvan en grandísima parte las dificultades insuperables que presenta el Álgebra sobre la solucion de las ecuaciones superiores al segundo grado. Con este objeto nos propondrémos resolver la siguiente

Cuestion. *Determinar en Madrid la carga ó altura que debe tener el agua en un depósito, para que por una abertura rectangular de cinco pies de ancho salgan en una hora* 1251927,7 *pies cúbicos de agua; aqui sabemos que la altura buscada ha de ser* 6 *pies, á causa de que los datos son los mismos de la cuestion anterior, y los hemos elegido ex-profeso para confrontar los resultados y que se presente á los sentidos la exactitud del método.* Para esto, lo que harémos ante todas cosas es sustituir los datos conocidos en la (ec. 59); y tendrémos

$1251927,7=0,564853\times5\times3600\times\sqrt{70,1922H^3}$; estrayendo la raiz

cuadrada de 70,1922 y haciendo todas las multiplicaciones del
gundo miembro se nos convierte en $1251927,7=85182,89\times\sqrt{}$

Dividiendo el primer miembro por 85182,89 número const
del segundo, resulta $14,6969=\sqrt{H^3}$ (63).

Luego todo está reducido á encontrar el valor de H que sati
á esta cuestion. Sabemos que H es igual con 6, y aunque no lo
piéramos, por escasos que sean los conocimientos que se supo
en la persona á quien pueda ocurrir el hacer esta aplicacion, ya
bre poco mas ó ménos conocerá que el número buscado no podr
ferir mucho del espresado número 6; pero no obstante, nosotros,
ra dar á conocer la exactitud admirable del método que vam
emplear, harémos nuestro cálculo, como si á la persona para qui
destinamos, no le ocurriese á primera vista un número aproxima
verdadero, ó al ménos para evitarle este cuidado; y así, dejarémos
teramente á su arbitrio, que elija por sí el número que primero
ocurra, y enseñémosle á encontrar el verdadero resultado.

Supongamos, pues, que se tome para H el número 1000,
está bien distante del verdadero que es 6; pues vamos á ver
aun con este supuesto que se puede graduar de bien disparatad
virtud de los datos de la cuestion, podemos hallar el verdadero
de H. Para formar el cubo de este primer número supuesto no
mos mas que multiplicarle dos veces de seguida por sí mismo;
go deberémos decir, 1000 por 1000 da 1000000 y vuelto á m
plicar esto por 1000 da 1000000000; de esto estraigo la rai
drada (228 de Ar. de N.), y saco 31622,777. Este número es
cho mayor que 14,6969; por lo que resto este de él, y saco por
ferencia 31608,0801; y como el número que resulta de suponer
en vez de H es mayor que el 14,6969, digo que esta diferencia,
error, ó esta equivocacion es por *exceso* y le señalo con el signo
de modo que el lenguage que se debe adoptar es que el número
puesto 1000 da un error de $+31608,0801$.

Como el resultado que ha dado el supuesto 1000 es mayor
que correspondia, pues ha producido 31622,777, cuando debia
solo 14,6969, esto me indica que H ha de ser menor que 1000

Supongamos que sea 100 y para elevarle al cubo, dire
100 da 10000; y v plicar por 100 da 10000
estrayendo la rai 1000; valor tambien
que el 14,6 de aquel y hallo
rencia ó por exceso, seña

gno +, y digo *que el segundo número supuesto* 100 *da un er-*
r de + 985,3031; y como este es menor que el producido por
1000, infiero que el verdadero número se acerca mas á 100
e á 1000 y que debe ser menor que 100, pues este da un valor
ayor que el verdadero.

131 Ahora podría suponer en vez de *H*, otro número cual-
iera, y podría verificar análogamente si era el que correspondía;
ro esto nos conduciría de un modo muy largo, indirecto, penoso,
ierto y casual al verdadero valor de *H*. Por lo cual, el método
asiste, ya que se han hecho dos supuestos, en seguir un rumbo
e cada vez nos acerque directa y precisamente al verdadero núme-
, hallando la correccion que se debe hacer al número supuesto que
s se aproxime al buscado; lo que se consigue formando la pro-
rcion ó regla de tres, que hemos establecido (Nota del § 310 *I*
E.), á saber: *La suma de los errores* (*cuando ambos tienen di-*
ente signo), *ó su diferencia* (*cuando tienen un mismo signo*) es
diferencia de los dos números supuestos, como *uno de los er-*
es (*que convendrá sea el que tenga menor valor numérico*) es á
correccion que se debe hacer al número de que proviene. Se ha-
el cuarto término por lo establecido (§ 250 de Ar. de N.); lo que
lte se añade al espresado número supuesto, si el error que dió
por defecto ó se resta del mismo número si el error que dió era
esceso. Con lo cual se tendrá ya un número que se acercará
tante al verdadero.

Se sustituye por *H* en la (ec. 63), se cubica, se estrae la raiz
drada del resultado; se ve la diferencia que este guarda respecto
primer miembro 14,6969, y se señala el error que produce con
gno + si el resultado es mayor que 14,6969 y con el sig-
— si es menor. Se forma otra proporcion análoga con los dos
res ó equivocaciones que tengan menor valor numérico, y se con-
a del mismo modo hasta obtener el grado de aproximacion que
convenga segun la naturaleza de la cuestion.

Apliquemos este procedimiento á nuestro caso; y puesto que los
errores son por exceso, y que el número supuesto 100, es el que
se aproxima al que buscamos, diré 30622,7770 (diferencia de
errores 31608,0801 y 985,3031) : 900 (diferencia de los dos
estos 1000 y 100 de que provienen dichos errores)
(que es el error que tiene menor valor numérico) : á
e se debe hacer al número 100, de que proviene di-
, que aquí es el 100. Para encontrar este cuarto tér-

mino, multiplico el 985,3031 por 900, lo que me da 886772
divido este producto por el primer término de la proporcion
saco 28,9.

Quito este resultado del número 100, y obtengo 71,1.

Supongo ahora que el número buscado es 71,1; lo cubico y
359425,431; del cual estraigo la raiz cuadrada, y obtengo 599,
que siendo mayor que el 14,6969, quito este del 599,521
resulta por error ó equivocacion + 584,8241; y para obten
correccion que debo hacer al tercer número supuesto 71,1, for
la siguiente proporcion:

400,479 (diferencia de los errores 985,3031 y 584,8241) :
(diferencia de los dos números supuestos 100 y 71,1) : : 584,
(error que tiene menor valor numérico y que proviene del mism
puesto 71,1) : á la correccion que se debe hacer al número 71
que proviene dicho error.

Multiplicando pues el segundo término 28,9 por el te
584,8241 saco 16901,41649, y dividiendo esto por el prime
mino 400,479 obtengo 42,2; y como el resultado que dió el
número supuesto 71,1 fue mayor que el correspondiente, debo
tar esta correccion del número 71,1 y saco 28,9.

Tomo este resultado por cuarto número supuesto; y form
su cubo, obtengo 24137,569, cuya raiz cuadrada es 155,36
escede al número 14,6969 en +140,6631.

Para encontrar la correccion que debo hacer al 28,9 que
que dista ménos del verdadero, por dar un error menor, forma
siguiente proporcion 444,1610 (diferencia entre los errores 584,8
y 140,6631): 42,2 (diferencia de los dos números supuestos
y 28,9):: 140,6631 (error que tiene menor valor numérico):
correccion que se debe hacer al número 28,9 de que provien
hallando el cuarto término, se obtiene 13,4; y como el resultado
dió el cuarto número supuesto 28,9 fué mayor que el correspondi
debo quitar esta correccion del número supuesto 28,9 y saco

Tomo este resultado por quinto número supuesto; y formad
cubo, saco 3723,875, cuya raiz cuadrada es 61,023 que exc
número 14,6969 en +46,3261.

Para obtener la correccion que debo
puesto 15,5, formo la siguiente pr

94,337 (diferencia entre l
13,4 (diferencia de los dos
46,3261 (error que tiene m

er al número 15,5 de que proviene; y hallando el cuarto
tiene 6,58; y como el resultado que dió el supuesto 15,5
que el correspondiente, debo quitar esta correccion del nú-
y saco 8,92.

este resultado por sesto número supuesto, y formando su
igo 709,732288 cuya raiz cuadrada es 26,641 que es-
nero 14,6969 en + 11,9441.

ncontrar la correccion que debo hacer al sesto número su-
2, formo la siguiente proporcion 34,382 (diferencia entre
46,3261 y 11,9441) : 6,58 (diferencia de los dos nú-
estos 15,5 y 8,92) : : 11,9441 (error que tiene menor
rico) : á la correccion que se debe hacer al número 8,92
iene; cuyo cuarto término es 2,28; y como el resultado
sesto número supuesto 15,5 fué mayor que el correspon-
o quitar esta correccion del número 8,92 y saco 6,64.

este número por séptimo supuesto, formo su cubo y es-
iiz cuadrada; con lo que obtengo 17,11, que escede al nú-
969 en + 2,4131.

ncontrar la correccion que debo hacer al séptimo número
64, formo la siguiente proporcion
(diferencia entre los errores 11,9441 y 2,4131) : 2,28
de los dos números supuestos 8,92 y 6,64) : : 2,4131
tiene menor valor numérico) : á la correccion que se debe
mero 6,64; cuyo cuarto término es 0,57; y como el resul-
ó el séptimo número supuesto fué mayor que el corres-
ebo quitar esta correccion del número 6,64, lo que da 6,07.

este número por octavo supuesto; formo su cubo; estraigo
drada, y hallo 14,955, que escede al número 14,6969
81.

ncontrar la correccion que debo hacer al octavo número
07, formo la siguiente proporcion
(diferencia entre los errores 2,4131 y 0,2581) : 0,57
entre los dos números supuestos 6,64 y 6,07) : : 0,2581
iene menor valor numérico) : á la correccion que se debe
mero 6,07; cuyo cuarto término es 0,068; y como el re-
[illegible] número supuesto fué mayor que el corres-
[illegible] correccion del número 6,07; lo que da 6,002.
[illegible] número supuesto, formo su cubo,
[illegible] 14,704 que escede al número

Para encontrar la correccion que debo hacer al noveno núm supuesto 6,002, formo la siguiente proporcion

0,251 (diferencia entre los errores 0,2581 y 0,0071) : 0, (diferencia entre los dos números supuestos 6,07 y 6,002) :: 0,0 (error que tiene menor valor numérico) : al cuarto término, que h ser 0,0019, y es la correccion que se debe hacer al número 6,0 de que proviene dicho error; y como este es por esceso deberémos tarle del 6,002, y nos da 6,0001.

Tomo este valor por décimo número supuesto, formo su estraigo su raiz cuadrada, y hallo 14,6973, que escede al nú 14,6969 en + 0,0004.

Para encontrar la correccion que debo hacer al décimo sup 6,0001 formo la siguiente proporcion

0,0067 (diferencia entre los dos errores 0,0071 y 0,00 0,0019 (diferencia entre los dos supuestos 6,002 y 6,0001 d provienen dichos errores) :: 0,0004 (error que tiene menor valo mérico) : al cuarto término que hallo ser 0,0001, y es la corre que se debe hacer al número 6,0001 de que proviene dicho err como este es por esceso, deberémos restarle del número 6,00 ejecutando la sustraccion, nos da justamente 6, número que sat á la cuestion, y que era el que buscábamos, y sabíamos de ante

132 Este método acaso parecerá largo; pero no obstante, es seguro, se deberá emplear por todos aquellos que no se hal disposicion de saber estraer la raiz cúbica. Mas si aquí apare largo, es porque hemos principiado por un supuesto disparatad hacer ver la exactitud del método; pero en lo general se obtien mucha mas sencillez, principiando por un supuesto que no dist cho del verdadero, lo que siempre se conoce con bastante apro cion, y es lo que ahora vamos á ejecutar.

La ecuacion dice, que la raiz cuadrada del cubo del númer cado, ha de ser 14,6969.

Si la raiz cuadrada ha de tener dos guarismos en enteros, al estraer la raiz cuadrada (228 Ar. de N.) se separa el núme puesto en periodos de á dos cifras y cada periodo en el cuadra un guarismo en la raiz, se infiere que el valor de H^3 ó lo que mismo el cubo del número que busco ha de tener mas de dos g mos y ménos de cinco; luego tendrá ó tres guarismos ó cuatro. ..., si observo los cubos de los números dígitos (240 Ar. de N.)

el cubo de 4 es 64 que, como solo tiene dos guarismos, n er el valor de H; el primer cubo que tiene ya tres guarism

125, que es el cubo de 5. En el mismo parage citado advierto que el cubo de 37 da cinco guarismos; por lo que el valor de *H* ha ser menor que 37, luego tenemos ya que el número *H* ha de estar nprendido entre los números que hay desde el 5 hasta el 37; y que por otras observaciones podríamos estrechar estos límites, es s conveniente aplicar desde luego el método.

133 Supongamos pues que el número buscado *H* sea el 5; y drémos que su cubo será 125, cuya raiz cuadrada es 11,1803; le falta 3,5166 para ser el primer miembro 14,6969; que se- o con el signo — y digo: que de suponer 5 en vez de *H*, resulta error de — 3,5166.

Como el primer supuesto 5 es menor que el verdadero, resulta el segundo número supuesto debe ser mayor que 5. Supongo que sea 8; y tendré que su cubo es 512; cuya raiz cuadrada 22,6274 que escede al 14,6969 en + 7,9305.

Aquí observo que los errores tienen diferente signo, y que el su- esto que da menor error numérico es el 5; luego infiero que el nú- ro que busco se acerca mas á 5 que á 8, y así buscaré la correc- n que se debe hacer al 5; para lo cual plantearé la cuestion del do siguiente

11,4471 (suma de los errores 3,5166 y 7,9305, porque en es- aso tienen diferente signo): 3 (diferencia entre los números supues- 5 y 8) :: 3,5166 (error que tiene menor valor numérico) : al rto término; que hallo ser 0,9216, que es lo que debo añadir al tendré 5,9216.

Tomo este valor 5,9216 por tercer número supuesto; el cual cu- do da 207,64294619, cuya raiz cuadrada es 14,4099 que le a 0,287 para el 14,6969; por lo que digo que el error ó equi- acion es — 0,287.

Para conocer la correccion que debo hacer al número 5,9216, naré la proporcion 8,2175 (suma de los errores 7,9305 y 0,287 tener diferente signo) : 2,0784 (diferencia entre los dos números uestos 8, y 5,9216) :: 0,287 (error que tiene menor valor nu- rico) : al cuarto término, que hallo ser 0,0721; el cual añadido cuarto número supuesto 5,9216, hallo 5,9937.

Aquí ya veo que á este número solo le faltan 63 diez milésimas, a el 6 que busco; por consiguiente, podría ya contentarme con este ultado; pero si quiero aun mayor exactitud, tomo el 5,9937 por nto número supuesto, formo su cubo y hallo 215,32031417, ya raiz cuadrada es 14,6738, que da un error de — 0,0231.

nocer la correccion que debo hacer al número 5,993
roporcion 0,2639 (diferencia de los errores 0,287
0,0721 (diferencia entre los dos números supuesto
,9216) :: 0,0231 (error que tiene menor valor numéri
rto término, que hallo ser 0,0063, el cual le añado
937 y hallo exactamente 6.
se ve con cuan poco trabajo hemos obtenido el verdader

asta ahora hemos procedido en la hipótesis de que n
ccion, por suponer que la abertura de descarga tenia l
dada (fig. 32); mas como en la mayor parte de las apl
rticularmente en el cálculo del gasto de las aberturas d
ste embudamiento no tiene lugar, y la vena fluida
sea solo sobre los lados, ya sobre el fondo solamente,
fondo y los lados á un mismo tiempo, es necesario aplica
rreccion á la fórmula (57). Solo la esperiencia puede su
bre este asunto las luces necesarias. *Mr. Dubuat* ha h
esperimentos sobre un orificio cuyo ancho era cerca de 5
(1,79 pies españoles), y donde la altura de la superficie d
el fondo del orificio, ha variado, desde 5 hasta cerca
ros (esto es, desde 2 pulgadas españolas y algo mas á 10
e ellos, y con presencia de algunos esperimentos de *P*
ce *Mr. Navier* que es necesario tomar aproximadamen
la cantidad que da la fórmula (59) cuando hay co

Practicando la regla, tendré por último 3668462 pies cúbicos.

Si en la (ec. 64) despejamos l y t, hallamos los mismos valores (ecs. 60 y 61) que nos dió la (ec. 59) sin mas diferencia que en vez del número constante 0,564853 se deberá poner el 0,41799122, de modo que tendrémos

$$l=\frac{Q}{0,41799122\times t\times\sqrt{2g\times H^3}}\ (65),\ t=\frac{Q}{0,41799122\times l\times\sqrt{2g\times H^3}}\ (66).$$

Y para encontrar H, cuando ocurra, deberémos emplear el procedimiento espuesto (125 y siguientes).

136 Cuando la abertura tiene la forma de la (fig. 34) en que los lados conservan la forma embudada, y no el fondo, entónces hay contraccion solo en el fondo; y para encontrar el gasto efectivo, se necesita multiplicar el segundo miembro de la (ec. 59) por 0,76, lo que da $Q=0,42928828l\times t\times\sqrt{2g\times H^3}$ (67); la cual nos servirá para encontrar el espresado gasto cuando hay contraccion en el fondo; y traduciéndola en regla es la misma que la (126), sin mas diferencia que en vez de multiplicar al fin por 0,564853, se diga que *se debe multiplicar* por 0,42928828.

Ej. Si nos propusiéramos hallar el gasto hecho por una abertura de 10 pulgadas de ancho con una carga de 15 pulgadas en 20 minutos, ante todas cosas debemos advertir, que todas las dimensiones se deben reducir á pies, así como el tiempo se debe reducir siempre á segundos; y practicando la regla, encuentro 5024 pies cúbicos.

137 Si en la (ec. 67) despejamos la t y la l, hallarémos

$$t=\frac{Q}{0,42928828\times l\times\sqrt{2g\times H^3}}\ (68),\ l=\frac{Q}{0,42928828\times t\times\sqrt{2g\times H^3}}\ (69).$$

Respecto de H deberémos emplear el procedimiento esplicado (130 y siguientes). No traducimos en regla las (ecs. 65 y 66) ni las (ecs. 68 y 69); ni con respecto á ellas harémos aplicaciones numéricas, porque todo se hace idénticamente como con las (ecs. 60 y 61), sin mas diferencia que la del número constante.

138 Pasemos ya á la determinacion del gasto por orificios circulares, de magnitud sensible, hechos en las paredes verticales de los vasos ó de los depósitos. En este caso, teniendo la forma embu-

esado orificio circular, y permaneciendo el vaso ó de-
ntemente lleno, la fórmula que da el gasto es*

$$)2654.t.r^2.\sqrt{2g}.\sqrt{H}.\left(1-\frac{1}{32\left(\frac{H}{r}\right)^2}-\frac{5}{1024\left(\left(\frac{H}{r}\right)^2\right)^2}\right)$$

deducir esta fórmula, supongamos que $FKRQ$ (fig. 3
de un depósito lleno de un fluido, y $LhNH$ un orifici
que $HO=H$ y $hO=h$ sean las alturas constantes del flui
unto mas bajo H, y sobre el punto mas alto h del orificio
al diámetro vertical Hh, las perpendiculares MP y m
próximas y el radio MC, que espresarémos por r, cons
l arco hM como abscisa, y lo representarémos por
espresamos por n la relacion que tiene la altura OC d
l centro del orificio con el radio $Ch=r$ del mismo ori
émos $n=\frac{OC}{Ch}$; lo que dará $OC=r\times n$. Y (§ 465 10
u; $CP=r.\cos.u$; $OP=OC-CP=r\times n-r.\cos.u$; hP
; lo que dará $Pp=d.(hP)=d.(r-r\cos.u)=r.\text{sen}.u.d$
lemental $PMmp$, en el limite será igual con $MP\times Pp=$
$.u.du=r^2(\text{sen}.u)^2\,du$.
idad con que saldrá cada partícula de fluido por el filete
la debida á la altura $OP=n.r-r.\cos.u$; y estará espr
$z(n.r-r.\cos.u)$: luego por el espresado filete, en la m

En la cual t representa el número de segundos que dura la eva-
ion, g la fuerza de la gravedad, H la carga ó altura de la su-

uede abreviar considerablemente, porque se pueden suprimir en
cuacion diferencial todos los términos que contengan cos. u.
$2u$, cos. $3u$, cos. $4u$, &c; porque estos términos, al pasar á la in-
al, contendrán sen. u, sen. $2u$, sen. $3u$, sen. $4u$. &c que se des-
cen cuando $u=0$ y cuando $u=360°$.

'or consiguiente, pues que se tiene en general

$$u)^2=\frac{1+\cos.\,2u}{2};\ (\cos.u)^3=\frac{\cos.\,u+\cos.\,u\times\cos.\,2u}{2}=\frac{3\cos.\,u}{4}+$$

$$3u\quad -;(\cos.u)^4=\frac{1}{4}+\frac{\cos.\,2u}{2}+\frac{(\cos.\,2u)^2}{4}=\frac{3}{8}+\frac{\cos.\,2u}{2}+\frac{\cos.\,4u}{8}\ \&c.$$

ltará que deberá verificarse

$$u)^2=\tfrac{1}{2},(\cos.\,u)^3=0,\ (\cos.\,u)^4=\tfrac{3}{8},(\cos.\,u)^5=0,\ (\cos.\,u)^6=\tfrac{5}{16}:\ \&c.;$$

'or lo que la ecuacion, que se deberá integrar, será

$$dQ=tr^2\sqrt{2grn}.\,du\left(1-\frac{1}{32n^2}-\frac{5}{1024n^4}-\&c.\right);$$

, verificando la integracion, se tiene

$$Q=tr^2\sqrt{2grn}.\,u\left(1-\frac{1}{32n^2}-\frac{5}{1024n^4}-\&c.\right);$$

ebemos añadir constante, porque ya hemos procedido en el su-
to de que la integral completa se reducía á cero cuando $u=0$; y
niendo ahora $u=360°$ ó toda la circunferencia, que en números
representada por $\pi=3,14159$ &c., se tendrá

$$=3,141592654\times tr^2\sqrt{2grn}.\left(1-\frac{1}{32n^2}-\frac{5}{1024n^4}-\&c.\right);$$

Ahora, espresando por H la altura del nivel del agua sobre el
ro del círculo, resultará $H=OC=r\times n$, y $n=\frac{H}{r}$; luego si ha-
s estas sustituciones, será

$$),141592654tr^2\sqrt{2gH}\left(1-\frac{1}{32\left(\frac{H}{r}\right)^2}-\frac{5}{1024\left(\left(\frac{H}{r}\right)^2\right)^2}-\&c.\right);$$

es la ecuacion del texto, sin mas diferencia que haber puesto
$\times\sqrt{H}$ en vez de $\sqrt{2gH}$ para mayor claridad en las aplicaciones.
La serie que hay dentro del paréntesis es siempre convergente;
que r es en todos los casos menor que H; y será tanto mas con-
ente, cuanto menor sea r en comparacion de H, ó H sea mayor
comparacion de r.

perficie del fluido sobre el centro del orificio; *r* el radio de este el gasto; y traduciéndola en regla, nos dice: que *para encontra gasto por un orificio circular de magnitud sensible, y forma budada, hecho en un depósito que permanece constantemente no, se practicará lo siguiente. Se multiplicará el nú* 3,141592654 *por el número de segundos que dura la eva cion y por el cuadrado del radio, lo que resulte se multipli por la raiz cuadrada del duplo de la fuerza de la gravedad lo que se obtenga, se volverá á multiplicar por la raiz cuad de la altura del agua sobre el centro del orificio; y lo qu sulte se multiplicará por el número que se obtenga de prac lo siguiente: divídase la unidad por* 32 *veces el cuadrado de ciente de partir la carga sobre el centro del orificio por el de este; divídase tambien el número* 5 *por el producto de por el cuadrado del cuadrado del cociente de dividir la m carga por el radio del orificio; tómense en estos cocientes unos seis guarismos decimales, y súmense los espresados do cientes; la suma réstese de la unidad; y este será el número el que se deberá multiplicar el número de ántes*; y el produc nal será el gasto pedido.

Ej. Supongamos que se desée tener el gasto que producir Búrgos un orificio, de forma embudada y 4 pulgadas de diám hecho en un depósito que permanece constantemente lleno, y e la altura del agua sobre el centro del orificio sea de 6 pies, y haya durado el desagüe 100 segundos.

Multiplico el número constante 3,141592654 por 100, nú de segundos que ha durado la evacuacion y hallo 314,1592 multiplico esto por el cuadrado del radio que es $\frac{1}{36}$ de pie, lo consigue dividiendo 314,1592654 por 36 y me resulta 8,726 habiendo aproximado la última cifra por exceso; multiplico est mero 8,7266463 por la raiz cuadrada del duplo de la fuer la gravedad que en Búrgos, dicha raiz es 8,378, lo que me d producto 72,911833; multiplico este resultado por la raiz cua de 6, que es 2,449 y hallo 179,1056886612. Ahora divi unidad por 32 veces el cuadrado del cociente 36 que resulta vidir 6 que es la carga, por $\frac{1}{6}$ que es el radio y encuentro que espresado en fraccion decimal equivale á 0,000024; divido bien el número 5 por el producto de 1024 por el cuadrad cuadrado de 36 que es 1719926784, y obtengo 0,000000 como solo nos proponemos tomar 6 guarismos decimales,

e el tercer término de lo que se halla dentro del paréntesis no in-
ye en el resultado; por lo que no necesitamos tomar en considera-
n este cociente, lo que es una prueba de la exactitud y aproxima-
n ó convergencia de la fórmula; y por consiguiente la suma de los
cientes será solo el 0,000024. Resto este número de la unidad y
llo 0,999976; multiplico esta resta por el número 179,105688661 2
ontrado ántes, y resulta 179,10139 pies cúbicos, que es el re-
tado final.

139 Si en la (ec. 70) despejamos la t, nos resultará

$$\frac{Q}{3,141592654r^2\times\sqrt{2gH}\left(1-\frac{1}{32\left(\frac{H}{r}\right)^2}-\frac{5}{1024\left(\left(\frac{H}{r}\right)^2\right)^2}\right)} \qquad (71)$$

traducida en regla nos dice: que *para encontrar el tiempo debe durar el desagüe para producir un gasto dado, cuando conocido el radio del orificio y la carga, se multiplicará el ero 3,141592654 por el cuadrado del radio y por la raiz drada del producto del doble de la fuerza de la gravedad por arga; y el número que resulte, se multiplicará por el que se nga de practicar lo siguiente: se dividirá la unidad por 32 el cuadrado del cociente que se obtenga de dividir la carga el radio; divídase tambien el número 5 por 1024 veces el drado del cuadrado del cociente que resulte de dividir la car- por el radio; súmense estos dos cocientes, réstese la suma de , de la unidad; el número que se obtenga, multiplíquese por allado ántes; y por último, divídase por el producto que se ob- a, el gasto dado*; con lo cual se tendrá el tiempo espresado segundos.

Ej. Supongamos que en Búrgos, con un orificio de 6 pulgadas diámetro y una carga de 8 pies, haya resultado un gasto de o pies cúbicos de agua y que se necesite averiguar en cuanto po se ha producido.

Multiplicando el número constante por el cuadrado del radio, o 0,196349541; multiplico esto por 23,699 que espresa la raiz drada del producto del duplo de la fuerza de la gravedad por la a 8, y obtengo 4,653287772159. Divido la unidad por 68 y hallo 0,00003; divido 5 por 1073741824; y como es- ociente no da valor ninguno en las 6 primeras cifras decimales,

no lo tendré en consideracion; por lo que lo desprecio, y resto el anterior de la unidad, lo que da 0,99997; por cuyo número multiplico el 4,653287772159 y hallo 4,65315; divido por este número el gasto dado, que es 1500 pies cúbicos, y hallo 322 segundos que equivalen á 5 minutos y 22 segundos.

140 Pero si quisiéramos despejar la r, nos resultaría una ecuacion de sesto grado, que el Álgebra está muy distante de poder resolver; y si tratáramos de hallar la carga H, nos resultaría una ecuacion de noveno grado, que con mayor razon se resistiría á resolver por los métodos conocidos hasta el presente para la resolucion de las ecuaciones.

Mas, á pesar de todo, cumpliendo con lo que hemos ofrecido en el prólogo, enseñarémos á determinar tanto el radio r, como la carga H, sin mas conocimientos que los de la Aritmética de Niños.

Para esto, harémos uso del método espuesto en la nota 6ª (§ 310 *I T.E.*) en los mismos términos que lo hemos practicado (125 y siguientes) para determinar la carga en el desagüe por los orificios rectangulares abiertos por arriba; pero debemos advertir que allí, el Álgebra tenía medios para encontrar el valor de H, pues se llega á obtener una ecuacion pura del tercer grado, para cuya resolucion basta saber estraer la raiz cúbica como espresa la (ec. 6ª). Mas para este caso, no tienen las Matemáticas ningun recurso mas expedito, que el que vamos á esponer. Por lo que, no podemos menos de repetir, que es de la mayor importancia el familiarizarnos con este modo de aplicacion.

141 Resolverémos un ejemplo que, al mismo tiempo que nos sirva de ejercicio, nos sea útil en lo sucesivo y que por otra parte sea grandemente importante saberlo ejecutar con exactitud en el ejercicio de la fontanería en Madrid y en otras ciudades populosas, que tengan un sistema análogo de distribucion de aguas, como el que hay en la Capital.

Supongamos que se necesite hallar en esta Corte la magnitud de un orificio circular en que saliendo el agua por un tubo adicional, cuya longitud sea igual á dos veces y media su diámetro, y con una carga de *un dedo* español sobre el punto mas alto de su circunferencia, suministre 15,77642 unidades de las que en Madrid se caracterizan con el nombre de *real de agua*.

Para esto, observarémos que por lo espuesto en mi Memoria sobre la nivelacion del Jarama (pág. 496 del Mercurio de octubre de 1824), resulta que lo que en Madrid se llama *real de agua*, suministra en una hora 11,167556 pies cúbicos de dicho líquido; los

: 15,77642 reales deberán suministrar 176,184054 pies cú-
os de agua en una hora. Por lo que solo nos falta determinar
l debe ser el diámetro correspondiente á este círculo y á qué dis-
cia de la superficie del agua en el depósito se debe colocar su centro.

En punto á la altura, nos sujetarémos á lo que por práctica,
ó costumbre se ha observado en la villa de Madrid; por lo cual,
n atencion á que segun *Polanco* (pág. 495 del mismo Mercurio)
altura del agua sobre el orificio debe ser 1 dedo, que es $\frac{1}{16}$ ó
625 de pie; resulta que ya la cuestion está reducida á *determinar*
l debe ser el diámetro de un orificio circular en que saliendo el
a por un tubo cuya longitud sea dos veces y media su diámetro
on una carga de 0,0625 *de pie sobre la parte superior de su*
cunferencia, suministre 176,184054 *pies cúbicos por hora.*

Aquí nos hallamos con otro inconveniente; y es que en la fór-
la (70), H representa la altura del agua en el depósito sobre el
tro del orificio, la cual debe componerse de 0,0625 de pie, y
mas del radio del mismo orificio; pero como no conocemos dicho
io esta es otra nueva dificultad. Sin embargo, no debemos arré-
mos, pues el mismo método nos proporcionará el vencerla.

Con este objeto, sustituirémos en la (ec. 70) en vez de Q el gas-
176,184054 pies cúbicos, por t el número 3600 segundos, que
tiene una hora, por g el valor 35,0961 que es la fuerza de la
vedad en Madrid, por H su valor $0{,}0625+r$, y dejarémos in-
rminada la r que espresa el radio que buscamos.

Ademas, para tener en consideracion el fenómeno de la *contrac-*
de la vena fluida, deberémos observar que, á una longitud de
aditicio igual á dos veces y media el diámetro del mismo tubo,
esponde por la tabla segunda de contraccion inserta en el (§ 57)
este libro, el coeficiente de contraccion 0,8221; por el que se de-
multiplicar el segundo miembro de la espresada (ec. 70) para
se tenga el resultado con la debida exactitud.

En virtud de todo lo cual, la mencionada ecuacion, haciendo las
tituciones dichas, se convertirá en

$$6{,}184054=0{,}8221\times3{,}14159265\,4\times3600\times r^2\times\sqrt{70{,}1922\times}$$

$$\sqrt{r+0{,}0625}\left(1-\frac{1}{32\left(\frac{0{,}0625+r}{r}\right)^2}-\frac{5}{1024\left(\left(\frac{0{,}0625+r}{r}\right)^2\right)^2}\right)\quad(72)$$

e, efectuando las multiplicaciones, resultará

$176,184054 = 77897,3281 \times r^2 \times \sqrt{r+0,0625}\left(1 - \frac{1}{32\left(\frac{0,0625+r}{r}\right)^2} - \frac{5}{1024\left(\left(\frac{0,0625+r}{r}\right)^2\right)^2}\right)$ (73); y dividiendo ambos miembros por 77897,3281, se tiene $0,0022618 = r^2 \times \sqrt{r+0,0625}\left(1 - \frac{1}{32\left(\frac{0,0625+r}{r}\right)^2} - \frac{5}{1024\left(\left(\frac{0,0625+r}{r}\right)^2\right)^2}\right)$ (74).

Ahora, lo que nos proponemos, es determinar r en la presente ecuacion; para esto, principiarémos por suponer para r un valor cualquiera elegido á arbitrio, y por lo mismo supondrémos que este primer valor de r sea igual con 0,0625, porque de este modo nos resulta con mas sencillez esta primera aproximacion, á causa de que el quebrado que hay dentro del paréntesis de los denominadores, resulta ser un número entero 2; y ejecutando la espresada sustitucion en el segundo miembro de la ecuacion anterior, se nos convierte en $0,00390625 \times 0,3536\left(1 - \frac{1}{32(2)^2} - \frac{5}{1024((2)^2)^2}\right)$; ó bien en $0,00138085937 5\left(1 - \frac{1}{128} - \frac{5}{16384}\right)$; ó en $0,00138085937 5 \times \frac{16251}{16384}$; ó reduciendo este quebrado á fraccion decimal $0,00138085937 5 \times 0,9919$; y efectuando la multiplicacion hallo 0,0013696; resultado menor que 0,0022618, primer miembro de la espresada (ec. 74); por lo que señalaré el error con el signo — y tendré que dicho error será —0,0008922.

Como el resultado que he obtenido es menor que el verdadero, debo inferir que el valor 0,0625 que he supuesto para r es menor de lo que debe ser, por lo cual tomaré por segundo número supuesto un número que sea mayor que 0,0625, y será el suponer que $r=0,07$ y hechas las sustituciones y verificados todos los cálculos numéricos hallo para el segundo miembro de la (ec. 74) 0,0017674; y como es *menor que* 0,0022618 en 0,0004944, diré que el error es —0,0004944

Ahora, como este error es menor que el anterior, y tiene el mis-
signo que él, para conocer la correccion que debo hacer al nú-
ro supuesto 0,07 que es el que da menor error numérico, en vir-
de lo espuesto (126), formaré la proporcion 0,0003978 (di-
ncia de los errores 0,0008922 y 0,0004944 por tener ámbos
nismo signo) : 0,0075 (diferencia de los dos números supuestos
7 y 0,0625) :: 0,0004944 (menor error numérico) : al cuarto
mino, que hallo ser 0,0093, y le añado al 0,07 que es el número
uesto de que proviene dicho menor error; lo que da 0,0793.

Tomo este valor por tercer número supuesto y sustituyéndole en
egundo miembro de la (ec. 74), tendré 0,0023439 que escede á
022618 que forma su primer miembro en 0,0000821; y así se-
aré el error con el signo +, y será + 0,0000821.

Para saber la correccion que debo hacer al número 0,0793, for-
ré la siguiente proporcion

0,0005765 (suma de los errores 0,0004944 y 0,0000821 por
r aquí distinto signo) : 0,0093 (diferencia de los números su-
stos 0,07 y 0,0793) :: 0,0000821 (menor error) : á la correc-
a que debo hacer al número 0,0793, de que proviene, y resulta
0132; que resto del 0,0793 y hallo 0,07798.

Tomo este valor por cuarto número supuesto; y hecha la susti-
ion en la (ec. 74), hallo 0,0022538, y como es menor que
022618, en 0,0000080, diré que el error es — 0,0000080.

Ahora, para conocer la correccion que debo hacer al número 0,07798,
maré la proporcion

0,0000901 (suma de los errores 0,0000821 y 0,0000080
r tener diferente signo) : 0,00132 (diferencia entre los dos nú-
ros supuestos 0,0793 y 0,07798) :: 0,0000080 (error menor) :
la correccion que se debe hacer al número 0,07798 de que pro-
ne, y resulta ser 0,0001172, que añado al número 0,07798, y
dré 0,0780972.

Tomo este valor por quinto número supuesto; y hecha la susti-
ion en la (ec. 74), hallo 0,0022638, que escede á 0,0022618
0,0000020; por lo que señalaré el error con el signo + y se-
+ 0,0000020.

Para saber la correccion que debo hacer al número 0,0780972,
maré la proporcion siguiente

0,00001 (suma de los errores 0,000008 y 0,000002, por tener
uí diferente signo) : 0,0001172 (diferencia de los números su-
estos 0,0780972 y 0,07798) :: 0,000002 (menor error numé-

$$84054=77897,3281\times r^2\times\sqrt{r+0,06}$$

$$\frac{5}{24\left(\left(\frac{0,0625+r}{r}\right)^2\right)^2}\Bigg)\ (73);$$ y dividiendo

7,3281, se tiene $0,0022618=r^2\times\sqrt{r+0,}$

$$\frac{1}{\left(\frac{0,0625+r}{r}\right)^2}-\frac{5}{1024\left(\left(\frac{0,0625+r}{r}\right)^2\right)^2}\Bigg)\ (74)$$

hora, lo que nos proponemos, es determinar r on; para esto, principiarémos por suponer pa tiera elegido á arbitrio, y por lo mismo supond r valór de r sea igual con 0,0625, porque de e r con mas sencillez esta primera aproximacion, á arado que hay dentro del paréntesis de los denominado número entero 2; y ejecutando la espresada susti lo miembro de la ecuacion anterior, se nos convierte

$$)0625\times 0,3536\left(1-\frac{1}{32(2)^2}-\frac{5}{1024[(2)^2]^2}\right);$$ ó bien en

rico) á la correccion que debo hacer al número 0,0780972 que proviene, y resulta ser 0,0000234, que restado del 0,078097 hallo 0,07807376.

Si tomáramos este valor por sesto número supuesto, no encontraríamos ya error en el sesto guarismo decimal; que es toda la exactitud que nos podemos proponer; siendo inútil intentar hallar la correccion; pues ya estamos seguros de que la diferencia existe desde quinto guarismo decimal en adelante, que espresando cien milésimas de pie, lo mas que puede llegar á ascender el error es á milésimas partes de línea; cantidad inapreciable aun con los instrumentos mas exactos. Luego hemos cumplido nuestra oferta de hallar el resultado con toda la exactitud que se apetecía y sin suponer otros conocimientos que los de la Aritmética de Niños.

Puesto que conocemos ya el radio, que es de 0,07807 de pie suprimiendo los otros tres guarismos por no llegar el de especie superior á 5, el diámetro será 0,15614 de pie, que equivale á 1 pulgada y 10 líneas.

142 Hemos dicho (140) que si tratáramos de hallar la carga H por la fórmula (70) nos resultaría una ecuacion del noveno grado, que presentaría dificultades insuperables á cuantos métodos hay conocidos para la resolucion de las ecuaciones, y hemos prometido hacer ver que por nuestro método, sin mas auxilios que los conocimientos de mi Aritmética de Niños, se puede conseguir un objeto tan interesante.

Con el fin de cumplir nuestra promesa, supongamos que en la cuestion anterior sea todo conocido, escepto la carga H, es decir, supongamos que en la (ec. 70) se tenga $Q=176,184054$ pies cúbicos, $t=3600$ segundos, $g=35,0961$ y $r=0,7807$. Haciendo estas sustituciones en la espresada (ecuacion 70) y multiplicando el segundo miembro por el mismo coeficiente de contraccion 0,8221, se nos convertirá en $176,184054=0,8221\times3,14159265\times3600\times(0,07807)^2$

$$\sqrt{70,1922}\times\sqrt{H}\times\left(1-\frac{1}{32\left(\frac{H}{0,07807}\right)^2}-\frac{5}{1024\left(\left(\frac{H}{0,07807}\right)^2\right)^2}\right)(75$$

En la cual, ejecutando todas las operaciones numéricas indicadas, se tiene $176,184054=474,7783618\times\sqrt{H}\times$

$$\frac{1}{32\left(\frac{H}{0,07807}\right)^2}-\frac{5}{1024\left(\left(\frac{H}{0,07807}\right)^2\right)^2}\Bigg)$$ (76). Dividiendo ám-

miembros por 474,7783618, se nos convertirá en

$$71087=\sqrt{H}\left(1-\frac{1}{32\left(\frac{H}{0,07807}\right)^2}-\frac{5}{1024\left(\left(\frac{H}{0,07807}\right)^2\right)^2}\right)(77);$$

a cual nos proponemos determinar la carga H por nuestro método.

Aquí sabemos que la espresada carga se ha de componer de 625 de pie, que la superficie del agua en el depósito se halla mas ada sobre la parte superior de la circunferencia del orificio; y mas del radio 0,07807 del mismo orificio; luego el valor de H 0,14057 de pie ó 0,1406, suprimiendo el último 7 y añadiendo su lugar una unidad al 5 como se tiene de costumbre (180 Ar. N.), atendiendo á que, en este caso, no llega el error á una cen- ma de linea, que ni con los mejores instrumentos se puede apre- . Mas nosotros debemos suponer como lo exige la cuestion, que ramos dicho valor y nos proponemos encontrarle, como si no tu- amos absolutamente ningun indicio.

Con este objeto, podrémos suponer por primer número supuesto el valor de H, un número cualquiera; y por disparatado que lo ngamos, el método nos conducirá con seguridad á su determina- como se ha verificado anteriormente (125). Mas sin embargo, uestiones de esta naturaleza los supuestos arbitrarios deben ser pre aquellos que con mas sencillez pueden conducir á dar alguna acerca del valor que se busca; por lo que supondrémos 1 para rimer valor de H; pues esto nos evita el estraer una raiz cuadra- y hacer una multiplicacion.

Suponiendo pues 1 en vez de H, en la (ec. 77), tendrémos

$$71087=1-\frac{1}{32\left(\frac{1}{0,07807}\right)^2}-\frac{5}{1024\left(\left(\frac{1}{0,07807}\right)^2\right)^2};$$ y efec-

eraciones en el segundo miembro, se convertirá en

$$\frac{1}{26}-\frac{5}{27565181,68};$$ ó sumando los dos quebrados

su suma de la unidad, tendrémos $\frac{27559926,42}{27565181,68}$,

endo á fraccion decimal resulta 0,996544; cuyo val
,371087 que forma el primer miembro de la (ec. 7
57; por lo que señalaré este error con el signo +,
25457.

gundo número supuesto podríamos elegir cualquiera ot
menor que 1, puesto que este error es por esceso; mas
r que hemos obtenido es bastante grande puesto que
duplo de la cantidad verdadera; y por otra parte ven
ra se halla debajo de un radical, debemos inferir que
número que buscamos no diferirá mucho de la cuarta p
idad; por lo que tomarémos por segundo número supu
cual por otra parte nos conducirá sin mucha compli
número mas aproximado; pues como su raiz cuadra
tenemos que hacer una estraccion de raiz cuadrada
licacion engorrosa; por lo que haciendo dicho supue
a

$$=\sqrt{0,25}\times\left(1-\frac{1}{32\left(\frac{0,25}{2}\right)^2}-\frac{5}{1024\left(\left(\frac{0,25}{2}\right)^2\right)^2}\right)$$

or lo que señalaré este error con el signo + y diré que el error es e + 0,107604.

Ahora, para saber la correccion que debo hacer al número suuesto 0,230822; formo la siguiente proporcion

0,019762 (diferencia entre los dos errores 0,127366 y 0,107604 or tener ámbos un mismo signo) : 0,019178 (diferencia entre los imeros supuestos 0,25 y 0,230822) : : 0,107604 (menor error mérico) : al cuarto término, que hallo ser 0,104423; el cual resdo de 0,230822, da 0,126399.

Tomo ahora este valor 0,126399 por cuarto número supuesto, sustituyéndole en la (ec. 77) da por último resultado 0,351035; lor menor que 0,371087 en 0,020052; por lo que señalaré este ror con el signo — y será — 0,020052.

Y para saber la correccion que debo hacer al cuarto supuesto 26399, formo la proporcion siguiente

0,127656 (suma de los errores 0,107604 y 0,020052 por tener aquí erente signo) : 0,104423 (diferencia entre los supuestos 0,230822 0,126399) : : 0,020052 (error que tiene menor valor numérico) l cuarto término, que encuentro ser 0,016403; el cual sumado con supuesto 0,126399 de donde ha provenido, me da 0,142802.

Tomando ahora este valor 0,142802 por quinto número supues- y sustituido en la (ec. 77) da por último resultado 0,374197; e escede al número verdadero 0,371087 en 0,00311; por lo que alaré este error con el signo + y será + 0,00311.

Ahora, para conocer la correccion que debo hacer al número 42802, de donde proviene dicho error, formaré la siguiente oporcion

0,023162 (suma de los errores 0,020052 y 0,00311 por tener aquí erente signo) : 0,016403 (diferencia de los supuestos 0,142802 y 26399) : : 0,00311 (menor error numérico) : al cuarto término, e hallo ser 0,002202; el cual restado de 0,142802 da 0,1406.

Cuyo valor es efectivamente el que debíamos obtener, segun he- os visto ántes; y hemos hallado el verdadero valor con la compe- nte aproximacion ó exactitud sin mas que cinco supuestos; lo cual nque penoso, dista mucho de ser imposible, y por consiguiente no be arredrarnos demasiado, ántes por el contrario nos debemos entar al poseer un recurso tan poderoso, seguro, infalible, y al al- nce de los que poseán únicamente los conocimientos triviales conteni- os en la Aritmética de Niños, para resolver las ecuaciones elevadas, ue se resisten á cuantos procedimientos Matemáticos proporcionan

tanto los métodos de la Análisis finita como los fecundos medios del Cálculo Infinitesimal.

143 Todo lo espuesto hasta el presente en este capítulo, ha sido en el supuesto de que el agua está en reposo en el depósito, vaso ó estanque donde se halla contenida; pero en la práctica, por lo general, estas aberturas se hacen en canales, rios, caces, acequias ó cualesquiera otras corrientes de agua en que este líquido goza de un movimiento sensible y tiene una velocidad determinada; y si no atendiésemos á esta circunstancia, que ocurre con mucha frecuencia, nuestros resultados carecerían de la competente exactitud. Por lo cual, vamos á manifestar como se hallarán los resultados atendiendo á esta circunstancia. En general, segun lo espuesto (§§ 50 y 51 Mec. Práct.), no hay mas que hallar la altura debida á la velocidad media de la corriente; y considerar la altura efectiva del líquido sobre el centro de la abertura ú orificio, disminuida en la cantidad que resulte para la espresada altura debida á la velocidad.

Con este objeto, vamos á resolver algunas de las cuestiones anteriores, teniendo en consideracion esta circunstancia:

1.ª Supongamos ahora que en la cuestion resuelta (119), la abertura se halle hecha en la pared vertical de un canal, acequia, rio, caz &c. en que el agua se mueva con 4 pies de velocidad media por segundo. Para encontrar la altura debida á esta velocidad, cuadraré el 4 y tendré 16, cuyo valor dividido por el duplo de la fuerza de la gravedad en Madrid, que es 70,1922, hallo 0,227945 de pie; por lo cual restando este valor de $10\frac{1}{2}$ pies ó 10,5, que es lo que el lado inferior de la abertura se halla mas bajo que el nivel del agua en el depósito, resultará 10,272055 pies, que será el valor que debo considerar en H; y restando la misma cantidad de lo que el lado superior de la abertura se halla mas baja que el nivel del líquido, que es 9,5, se obtiene 9,272055 pies, que es el valor que debo considerar en h; y practicando la regla, del mismo modo que lo hemos hecho (119), sin mas que esta variacion, hallamos por último 2248924,24 pies cúbicos, para el gasto que buscábamos; cuyo valor tiene 33687,73 pies cúbicos ménos, como debia verificarse, á causa de que cuanto mayor sea el impulso del agua en la direccion de la corriente, tanto menor presion se ejerce sobre la abertura.

2.ª Supongamos que en la cuestion resuelta (§ 127) se halle practicado el orificio ú abertura en un canal, acequia, rio, caz, &c. a tenga 5 pies de velocidad por segundo, quedando

iguales las demas circunstancias como en dicho párrafo se han espre-
ado. En este caso, para encontrar la altura debida á esta velocidad,
cuadrarémos el 5, lo que nos dará 25, cuyo valor dividido por
9,9782 pies, que es el duplo de la fuerza de la gravedad en Ma-
nila, parage donde se supone la espresada cuestion, nos resulta
0,357254 de pie; restando este valor de la carga, que está espre-
ada en dicha cuestion por 3 pies, nos resulta 2,642746 pies, que
rá el valor que se deba considerar como verdadera carga, ó el va-
r que debe tener H, en la (ec. 59); y practicando la regla en los
ismos términos que allí lo hemos ejecutado, nos resulta que el an-
o del espresado orificio, atendiendo á esta circunstancia, deberá
r efectivamente 1 pie 8 pulgadas y 5 líneas, que contiene 3 pul-
adas y 7 líneas mas que el obtenido allí, lo cual debe verificarse,
rque teniendo menor presion el agua en la abertura, á causa de la
locidad en la corriente, para que, en un tiempo dado, salga una
isma cantidad de líquido, es preciso que el ancho de la abertura
a mas grande.

3.ª Si resolvemos la cuestion del (§ 128) en el supuesto de que
abertura se halle practicada en una corriente de agua, cuya velo-
lad media sea de 8 pies por segundo; hallarémos primero la altu-
debida á la espresada velocidad, para lo cual el cuadrado de 8,
e es 64, lo dividirémos por 70,1956 duplo de la fuerza de la
avedad en Valencia, y tendrémos que la espresada altura es
,11738; la cual restada de 4 pies, que es la carga, nos da 3,088262
s para el verdadero valor que debemos considerar en la carga; y
acticando la regla (§ 128), sin mas que esta variacion, hallamos
minutos y 47 segundos, que es mayor que el resultado allí obte-
lo, á causa de que el estar el líquido en movimiento equivale á
rcer menor presion sobre la abertura; y saliendo entónces el agua
r ella con ménos velocidad, para que salga una cantidad determi-
da de agua por la misma abertura, se necesita indispensablemente
as tiempo.

4.ª Si resolvemos la cuestion del (§ 130), sin mas diferencia
e suponer que la abertura se halle practicada en una corriente,
ya velocidad media sea de 2 pies, hallarémos que á esta velocidad
rresponde en Madrid, segun lo espuesto, una altura de 0,057 de
e: la cual añadida á la de 6 pies, que allí hemos obtenido, nos
sará la verdadera carga que debe tener el agua en la corriente
que produzca allí el gasto mencionado que equivale á 6 pies
líneas.

pongámonos por último resolver la cuestion del (§ 138)
ferencia que suponer que el orificio se halla practicado e
e una corriente de agua cuya velocidad media sea de
gundo. En este caso, la altura debida á esta velocidad
y restándola de 6 pies, que es la altura que allí hem
nos resultará 5,30205 para la verdadera carga que de
e sobre el orificio, ó para el verdadero valor de *H* en
practicando la regla (§ 138), se obtiene por último
8,3675 pies cúbicos; que es un gasto menor, porque
ua en movimiento equivale á tener menor presion, y p
e á salir con ménos velocidad, y en su consecuencia en
o, producirá menor gasto.

cual juzgamos haber resuelto el competente número
nto suponiendo el agua en reposo como en movimi
miliarizados los lectores no encuentren dificultad en
cuestiones que les pueden ocurrir en la práctica.

CAPÍTULO VIII

*rales relativas á la conduccion de las aguas y resol
principales cuestiones que pueden ocurrir acerca
nto en los canales, rios, arroyos, caces, acueduct
acequias, &c.*

ados á los parages donde se han de consumir; porque, en gene-
, es mas cómodo y ventajoso mudar la localidad de la potencia,
ánica para situarla en el parage donde el trabajo pueda ejecutar-
nejor, que conducir la materia, sobre que se ha de efectuar el
ajo, al parage donde se halla la potencia. Por esta causa, es
spensable ocuparse ahora de los medios de hacer pasar el agua
e las localidades en que la naturaleza la presenta hasta el sitio
que el hombre necesita emplearla para satisfacer sus necesidades,
der á sus conveniencias, y proporcionarse las correspondientes
tajas y utilidades.

El agua en general, llega desde el parage donde la presenta la
uraleza hasta el punto donde se necesita usar por *concavidades ó le-
naturales*, y tambien *artificialmente*, por uno de estos medios.
primera clase pertenecen los *rios*, *arroyos*, *torrentes*, &c., que
sobre la superficie de la tierra, igualmente que los conductos sub-
íneos en el interior del Globo, por los que corre el agua de un
o semejante al que lo hace la sangre en las venas y arterias de
nimales. Y á la segunda corresponden los *acueductos*, *canales*,
uias, *caces*, *encañados*, &c.

Aunque parece natural esta division, científicamente hablando,
s tan exacta; pues el movimiento de las aguas en los *rios*, *ar-
s*, *torrentes*, &c., que son lechos *naturales*, se verifica en
d de las mismas leyes, y se determina por las mismas fórmu-
que el movimiento por los lechos artificiales, que se conocen bajo
denominaciones de *canales*, *acequias*, *caces*, &c., y las mis-
leyes y fórmulas convienen á las concavidades subterráneas por
e pasa el agua, en lo interior del Globo, que á todo lo que se
prende bajo el nombre de *encañados*, *tubos de conduccion*,
rías, &c.

El arte de conducir las aguas, remonta al orígen de las socie-
s; pero las necesidades de los hombres han obligado en los pri-
s tiempos á proceder empíricamente en esta materia; y como
progresos de la civilizacion han hecho conocer las ventajas que
ura el goce fácil de aguas saludables y abundantes, se ha ido
eccionando cada vez mas, segun hemos manifestado en el resú-
i histórico que ocupa todo el libro 2.°

Nosotros, siguiendo la misma ruta que los mas famosos hidráu-
s, entre ellos *Mr. Prony*, dividirémos en dos capítulos todo lo
tivo al movimiento de las aguas. En el presente, nos ocuparé-
s del movimiento de las que comprendemos bajo la frase de *cor-*

descubierto; y en el décimo, de las que *corren por*
errados, esto es, por aquellos en que el agua ocupa toda
d del conducto desde el parage por donde entra en el
age por donde sale.

frase de *correr á cielo descubierto*, no queremos decir
que entre la superficie superior de la corriente de agua
no haya ninguna obra de mampostería, ó de cualquiera
, sinó que aun cuando el agua corra por un parage que
ierto con alguna bóveda, ó de otro modo cualquiera, y
en un tubo de conduccion, resulte que el agua no corre
ño lleno, verificándose que entre la superficie superior
y la bóveda ó cubierta del conducto haya siempre un
re. Pues reuniéndose estas circunstancias, el movimiento
los canales que se cubren con bóvedas y aun en los tu
rías de mayor diámetro que el necesario para contener la
agua que pasa por él, se verifica por las mismas leyes
canales descubiertos por arriba enteramente; y para todos
nismas fórmulas, que son las que vamos á manifestar en
o; reservando para el décimo el ocuparnos de las fórmulas
están cifradas las leyes del movimiento del agua, cuando
conductos en que este líquido ocupa todo el hueco de la
por donde pasa.

erencia del movimiento en estos dos casos, proviene de

Con este objeto, recordarémos, que (§ 54 del libro 2.° resulta-
5.°) hemos indicado que en una corriente cualquiera de agua,
filete de dicho fluido, se debe considerar animado de diferente
cidad; y que entre la inmensidad de velocidades diversas que, en
masa de agua en movimiento, se podían considerar, la *veloci-*
en medio de la superficie superior, la *velocidad en el fondo*,
velocidad media, debían llamar mucho nuestra consideracion;
un mas especialmente, la *velocidad en la superficie* y la *velo-*
ad media; pues ocurre con mucha frecuencia el tener que determi-
la una por la otra.

45 Se han discurrido varios procedimientos para medir la ve-
dad en la superficie, como son el *nadador*, *el molinillo*, *el tubo*
urvo de Pitot, *el regulador*, *el cuadrante*, *la caja* de que he-
hablado (§ 16 libr. 2.°) &c. &c. De todos estos métodos, el que
el dia se reconoce por mas adecuado, es el *nadador*; el cual siendo
otra parte el mas sencillo y fácil de manejar y comprender en
s sentidos, fué el que yo elegí para medir la velocidad de las
as del Jarama en 1819; y habiendo correspondido lisongeramen-
mis esperanzas, y siendo entre todo lo conocido el mas exacto,
o necesaria su explicacion.

46 Se reduce á tornear bien una esfera de madera, cuyo peso
cífico sea tal, que sumergida en el agua, se sostenga en ella, de
lo que la parte mas alta enrase con la superficie superior del
a, lo cual es muy fácil de conseguir. En efecto, casi todas las
leras, escepto la encina, la cepa de vid, el guayacan, el ébano,
l palo del Brasil, son ménos pesadas que el agua; por lo que,
iendo una que se acerque lo mas posible á tener el mismo peso
cífico, como son el fresno, el haya, el pino &c. despues por me-
de clavos que se introducen en su superficie, ó por alguna plan-
a de plomo que se le une &c., se consigue bien fácilmente el
, del modo espresado, se sostenga en el agua.

47 Conseguido esto, lo que conviene es buscar un parage de
corriente, que esté lo mas en línea recta posible, que se halle
s de los recodos, y que se observe mayor regularidad en su cur-
Se mide una cierta distancia, la mayor que se pueda en línea
ta, y se deja correr el nadador desde un poco mas arriba del
age medido, procurando colocarlo en donde haya mayor corrien-
que será en el medio si hay la debida regularidad en el lecho;
observa con un buen relox de segundos cuanto tiempo tarda en
lar la distancia medida, y dividiendo dicha distancia por el nú-

segundos que ha empleado en correrla, se tendrá,
nuto segundo, la velocidad del agua en la superficie;
encia tiene demostrado que un cuerpo, que nada en la
del agua, en poco tiempo adquiere la velocidad de su
y por eso hemos advertido que el *nadador* se meta
un tiempo ántes, á fin de que, al llegar al parage
ha de empezar á contar el movimiento, haya adquiri
de la misma corriente.

operacion se debe ejecutar un cierto número de ve
n término medio entre todos los resultados.

La velocidad de las aguas en la superficie de la corr
ocidad media de toda su seccion, tienen cierta depend
motivo, los Hidráulicos se han propuesto determina
ciones experimentales una de ellas por el conocimien

Dubuat se ocupa en el cap. VI del segundo tom
cipios de Hidráulica, de los esperimentos *para det*
elacion entre la velocidad media de una corriente u
a velocidad en la superficie y en el fondo; y despu
los resultados de muchos esperimentos, dice en el §
o que, llamando V la velocidad en la superficie, y U
e tiene $U=(\sqrt{V}-1)^2$, cuando estas velocidades se halla

ual daría á conocer que la velocidad en la superficie era igual á del fondo, lo que tambien es absurdo.

Si $V=\frac{1}{9}$, resultará $U=(\sqrt{\frac{1}{9}}-1)^2=(\frac{1}{3}-1)^2=(\frac{2}{3})^2=\frac{4}{9}$, que da á ocer, que la velocidad en el fondo es cuatro veces mayor que la la superficie; lo que tambien es absurdo.

Pero lo que en esto hay de mas particular, es que habiéndose puesto *Mr. Lecreulx* hacer un exámen crítico de la obra de *Dubuat*, y deteniéndose muy particularmente en discutir el con- do de este capítulo, y presentar objeciones á su doctrina, no ha- espresado nada relativo á la inexactitud de esta fórmula: lo cual eba cuanta es la lentitud con que el espíritu humano procede aun las investigaciones de mayor importancia.

En cuanto á determinar la velocidad media, *Mr. Dubuat* es- lece § 391 "La velocidad media de una corriente uniforme y lada es aproximadamente proporcional aritmética entre las de la erficie y del fondo: lo que suministra un modo fácil de conocer gasto de un rio, por la sola medida de su seccion y de la ve- dad del agua en su superficie &c."

Sobre este punto *Mr. Lecreulx* hace muchas reflexiones juiciosas portantes; y teniendo en consideracion que otros Autores pretenden *la velocidad media de una corriente de agua era igual á cuatro quintos de la velocidad en la superficie*, creyó útil exa- ar cual de estas opiniones concordaba mas con los resultados de sperienciа; y para facilitar esta comparacion, formó una nueva a con los esperimentos mismos de *Dubuat*, desechando 13 que enían todos los datos necesarios, y dejándola reducida de 48 que *Dubuat* á 35; de los cuales 23 se aproximan mas á dar *la cidad de la esperiencia igual á los cuatro quintos de la ve- dad en la superficie*; y solo 12 se aproximan mas á dar *la cidad media de la esperiencia igual á la media proporcional nética entre las velocidades en la superficie y en el fondo.*

49 *Mr. Prony*, reconociendo los defectos de la fórmula y re- de *Mr. Dubuat* para determinar las *velocidades del fondo*, y *ia*, por la de la superficie, llega á deducir (§ 194 de sus *In- igaciones* y tabla quinta de su *Coleccion* &c.), que si se espresa elocidad media por v, y la velocidad en la superficie por V, se ene para la relacion entre ámbas la ecuacion

$$v=\frac{V(V+2,37187)}{V+3,15312}\ (78);$$

la cual tiene, respecto de la de *Mr.*

at, la doble ventaja de ser mas espedita y cómoda para
de representar mas fielmente los esperimentos, y de ha
un mismo tiempo ámbas velocidades, es decir, que
ocidad en la superficie es cero, debe serlo tambien la *ve*
, y *viceversa*; y cualquiera otra relacion, que no reu
stancia, es precisamente erronea.

Esta ecuacion nos suministra la siguiente regla práctic
trar la velocidad media de una corriente de agua cu
e la velocidad en la superficie, se practicará lo que s
locidad en la superficie se le añadirá el número co
87; *esta suma se multiplicará por la velocidad en*
ie; y el producto que resulte se dividirá por la s
presada velocidad con el número constante 3,1531:

1.º Propongámonos hallar la velocidad media *del J*
nido con el *Lozoya*, en el parage citado (§ 64 lib
esto, recordarémos que por tres esperimentos se dedujo
$\frac{2}{3}$ segundos, corrió el nadador 150 pies; luego la veloc
riente en un segundo era 4,32692 pies. Ahora, para h
de la regla anterior, la velocidad media por esta ve
a en la superficie y en el filete de la mayor corrient
la velocidad encontrada 4,32692 el número constante 2,
adro 6,69879: este le multiplicaré por la misma veloc
erficie, que como he dicho es 4,32692; y dividiré el p

ía, pero con menor exactitud, la $v=0,8V=\frac{4}{5}V$ (80); que su-
istra la siguiente regla práctica: *la velocidad media es ocho dé-
ıs, ó lo que es lo mismo cuatro quintas partes de la veloci-
en la superficie*; lo que va conforme con el resultado que ob-
Mr. Lecreulx y que al (148) hemos citado.

Si en virtud de estas últimas reglas, quisiéramos averiguar la
cidad media del Jarama, tomaríamos los $\frac{4}{5}$ de la velocidad en
ıperficie 4,32692; para lo cual la multiplicaríamos primero por
el producto 17,30768, lo dividiríamos por 5, y obtendríamos
154 pies, que se diferencia en 0,41335 de la verdadera. Mul-
cando por el número 0,816458, se obtiene 3,53275, que se
encia ménos que el resultado anterior.

Aplicando la misma regla al Guadalix, resulta por la regla de
ı velocidad media 1,48293; y por la multiplicacion del número
6458, resulta 1,51344.

52 Conocida la velocidad media, es preciso determinar en mu-
ocasiones la de la superficie. Así sucede cuando, despues de ha-
determinado la velocidad media por el gasto que ha suminis-
o una corriente, orificio &c. en un tiempo dado. Para esto,
ejarémos la V en la ecuacion (78), y tendrémos

$$V=\frac{v-2,37187}{2}+\sqrt{\left(\frac{v-2,37187}{2}\right)^2+3,15312v} \quad (81);$$ la

suministra la siguiente regla práctica: *hállese la diferencia en-
la velocidad media y el número constante* 2,37187, *y tómese
mitad de lo que resulte. Cuádrese esta mitad hallada, y á
cuadrado, añádase el producto del número constaute* 3,15312
*la velocidad media; y de esto estráigase la raiz cuadrada.
esta raiz cuadrada se sumará la mitad de la diferencia en-
la velocidad media y el número* 2,37187, *si la velocidad me-
es mayor que este número; y de la misma raiz cuadrada, se
ará la mitad de la espresada diferencia, si la velocidad me-
es menor que el número* 2,37187.

Ej. Supongamos que el agua de un arroyo, fuente, manan-
&c., haya ido á desembocar en un estanque, de planta rectan-
iese 90 pies de largo, 80 de ancho, y 10 de profun-
acueducto ó canal rectangular, en que la base de la
4 pies y la altura 2; y que haya tardado una hora

completamente. Se nos pide hallar la velocidad en la
le la corriente del canal.

mero que tenemos que determinar es los pies cúbicos d
han entrado en el estanque; lo cual se consigue multipl
superficie de la base, que es 7200, producto de 90 p
s 10 pies de altura; y hallo que han entrado en el e
00 pies cúbicos de agua; y como esto ha sido en una ho
3600 segundos, si divido 72000 por 3600, hallaré q
gundo han entrado 20 pies cúbicos de agua. Y como
l canal tenía 8 pies superficiales, producto de la base
ura 2, resulta que si dividimos por 8 los 20 pies cúbic
or segundo, nos vendrá la *velocidad media*, que será
al nos quiere decir que en un segundo entró una colum
8 pies de superficie por 2 y ½ de altura; lo que equiv
rrido una seccion cualquiera el espacio de 2½ pies en
sto es en el supuesto de que toda la masa de agua se
do uniformemente ó con la misma velocidad, que es lo
elocidad media; pero como esto no tiene lugar en la
inó que cada filete camina (libr. 2.° § 54 res. 5.°) con
ocidad, tratemos de hallar la mayor velocidad en la s
e aquí, por ser el lecho regular, se hallará en medio
e; lo que deberá practicarse, y por la regla anterior,
nodo. Determinó la diferencia entre 2½ que es lo mi

que se propone conseguir, usando de uno ú otro método segun la
ortancia de la operacion.

53 Si supusiéramos que el mismo estanque se hubiese llenado
os horas, que contienen 7200 segundos, al dividir 72000 por
o, hubieramos sacado 10 pies cúbicos, que son los que espre-
n en dicho caso el agua que había entrado en un segundo, can-
l que, repetimos, se llama el *gasto*. Y dividiendo el 10 por la
ficie 8 de la seccion, resulta $1\frac{2}{8}$ ó 1,25 pies por segundo para
locidad media. Ahora, si queremos encontrar por ella la velo-
l en la superficie, aplicarémos la regla del modo siguiente. Hallo
iferencia entre la velocidad media 1,25 y 2,37187 y saco
187; de lo cual tomo la mitad que es 0,5609, y elevado esto
adrado, saco 0,3146. A este número le añado el producto de
312 por la velocidad media 1,25, que es 3,9414; y de la
4,256 estraigo la raiz cuadrada que es 2,06302. Ahora,
la velocidad media es menor que el número 2,37187, segun
egla, de la raiz cuadrada que acabo de sacar, deberé quitar la
d de la diferencia 0,56094; y obtengo por último 1,50208
la velocidad en la superficie.

En algunas ocasiones se necesita encontrar la velocidad del agua
n punto determinado de una corriente para colocar en él alguna
a hidráulica que proporcione motor en los establecimientos de
stria. En este caso, el medio mas adecuado es hacer uso de la
cuya descripcion hemos indicado (§ 16 lib. 2.°).

54 Pasemos ya á determinar la fórmula que espresa la rela-
entre el *declive*, la *velocidad media* y el *radio medio*. Con cu-
bjeto, recordarémos que en el libro segundo hemos dado un *Re-
en histórico* acerca de las investigaciones relativas al movimiento
las aguas, que comprende las épocas principales en que se han
ficado los adelantamientos *hasta llegar á formar una Ciencia
ico-Matemática*; y despues de presentar la fórmula, á que ha
conducido *Mr. Prony*, en virtud de una feliz combinacion de
nas sublime Análisis, con los resultados mas exactos de la espe-
cia, para cuando el agua se mueve á cielo descubierto, hemos
metido allí que en este libro daríamos á la espresada fórmula
s las trasformaciones que sean necesarias para que pueda apli-
e con feliz éxito en nuestro pais; y que pues *Mr. Eytelwein* en
sia, siguiendo un método análogo al de *Mr. Prony* había obte-
o resultados que no diferian mucho de los de éste, y por otra
te las fórmulas de *Mr. Eytelwein* se hallaban conformes con los

resultados obtenidos en los rios caudalosos de Italia, que por su posicion geográfica tienen tanta analogía con los de España, tomaríamos un término medio entre las fórmulas de *Mr. Prony* y *Mr. Eytelwein*, y que, restableciendo el factor de la gravedad, tendríamos una fórmula que conviniese á todos los puntos del territorio español en ambos mundos, y que podría ser aplicada tanto á los canales como á los rios en cualquier parage de la Tierra.

155 Vamos, pues, á ocuparnos ahora de este importante asunto, y á presentar despues la fórmula que corresponde á la posicion de Madrid; resolviendo las principales cuestiones que pueden ofrecerse, ya refiriéndonos á una localidad cualquiera del Globo Terrestre, ya contrayéndonos á la posicion de esta capital, que se puede reputar como término medio de la situacion de casi todo el territorio de la Península.

156 La fórmula de que parte *Mr. Prony*, es la que hemos señalado (4) en el libro anterior, y poniendo en ella v en vez de la l que él usa, tendrémos $gRI=Av+Bv^2$ (82).

En la cual, recordarémos que g espresa *la fuerza de la gravedad*; R el *radio medio* de la seccion; I la *pendiente*, *declive* ó *inclinacion*; A y B cantidades constantes, que son las que se deben determinar por los esperimentos; y v la *velocidad media* de la corriente.

Mr. Prony, suponiendo como hemos dicho ya (§ 94 libr. 2.º) que la *fuerza de la gravedad se debe considerar como una constante absoluta*, hace $g=9,808795$ metros, que es el valor de la fuerza aceleratriz de la pesantez en París, representada por la velocidad que adquiere un cuerpo al cabo de un segundo de tiempo de caida vertical en el vacío, y que coresponde á 35,202784 pies españoles.

Divide la ecuacion anterior por g, y le resulta $RI=\frac{A}{g}v+\frac{B}{g}v^2$ (83). Despues hace $\frac{A}{g}=a$, y $\frac{B}{g}=b$, y obtiene la ecuacion $RI=av+bv^2$ (84); que es la que él señala pág. 9 de su *coleccion*, &c., con el número (1), sin mas diferencia que él pone l en vez de lo que nosotros espresamos por v, como inicial de *velocidad media*.

Y en virtud de 31 esperimentos escogidos, deduce para a y b los valores siguientes: $a=0,0000444499$; $b=0,0003093140$. Por lo que la fórmula de *Mr. Prony* para cuando el agua corre á descubierto, es $RI=0,0000444499v+0,0003093140v^2$ (85).

157 *Mr. Eytelwein*, tomando una fórmula análoga á la de

Prony determina los valores de a y de b en virtud de 91 espe-
ntos los mas selectos, entre ellos los que han servido á *Mr.*
y; y obtiene para a y b los valores siguientes
$=0,0000024265 1$; $b=0,0003655430$. De suerte que la fórmula
Mr. Eytelwein * es tambien para cuando el agua corre á cielo
bierto $RI=0,0000024265 1v+0,0003655430v^2$ (86).

58 Y tomando yo un término medio entre el valor de a obte-
por *Mr. Prony*, y el de la misma letra encontrado por *Mr.*
lwein, lo que se ejecuta sumando los dos espresados valores, y
ndo la mitad de la suma, obtengo para dicho valor medio
0000343575; y ejecutando lo mismo con los dos valores de b,
dos el uno por *Mr. Prony* y el otro por *Mr. Eytelwein*, saco
érmino medio $b=0,0003374285$; de manera que la fórmula
es $RI=0,0000343575v+0,0003374285v^2$ (87).

59 Para convencernos de que esta fórmula debe ser mas exac-
e las de *Mr. Prony* y *Mr. Eytelwein*, es suficiente obser-
que las de estos dos Sabios se reputan como bastante confor-
para los usos comunes que ocurren en la práctica, pues que las
encias en los resultados no son de consideracion; y como la mia
alores siempre intermedios entre los otros, resulta que la mia
conducir con mas seguridad y aproximacion al verdadero resul-
Para que todo esto se presente á la vista, tomarémos de la
primera, inserta en la citada *Coleccion* &c., los valores obte-
por *Mrs. Eytelwein* y *Prony* correspondientes á unas cuantas
idades, y los que resultan por mi fórmula en la siguiente tabla

Valores de la velocidad media v.	Valores de RI correspondietes á los de v.		
Metros.	Eytelwein.	Vallejo.	Prony.
0,01	0,0000003	0,0000004	0,0000005
0,10	0,0000060	0,0000067	0,0000075
0,36	0,0000561	0,0000561	0,0000561
1,00	0,0003898	0,0003718	0,0003538
2,00	0,0015107	0,0014184	0,0013262
3,00	0,0033627	0,0031399	0,0029172

Eytelwein
exto.

eisa de otras letras, pero el resultado es el que pone-

Aquí se observa, que la mayor diferencia entre los resultados de *Mr. Eytelwein y Prony* es 0,0004455, que se reputa, y con razon, de una pequeñez de poco momento; luego con mayor razon se deberán reputar por exactos los valores que da mi fórmula, que se separa en la mitad de cualquiera de los resultados que dan las otras dos.

160 Demostrada ya la poca discordancia entre los resultados de *Mr. Eytelwein y Prony*, y que los mios discordan ménos que los de estos Sábios, pasemos ahorá á restablecer el factor de la gravedad; pues tenemos demostrado (29), que no se puede suponer constante la gravedad en la inmensa estension del territorio español, ni en general para todo el Globo.

Mr. Prony supone $\frac{A}{g}=a$; y siendo $a=0,0000444499$ resulta que $A=a\times g=0,0000444499\times g$; supone tambien $\frac{B}{g}=b=0,0003093140$, que da $B=0,0003093140\times g$; y como *Mr. Prony* supone $g=9,808795$, multiplicando por esta cantidad los valores de a y de b, tendrémos $A=0,00043599996$ y $B=0,0030339976$; por lo que la ecuacion (82), se nos convertirá en $g\times RI=0,00043599996v+0,0030339976 2v^2$ (88); que es la ecuacion de *Mr. Prony*, dejando indeterminada la fuerza de la gravedad para poderse aplicar á cualquier parage, sustituyendo en vez de g el valor que le corresponde por su situacion *físico-geográfica*.

161 *Mr. Eytelwein* hace uso de la gravedad de París; pero supone que es 362,352 pulgadas de Rey de París, que equivale á 30,196 pies franceses; y como en virtud de la tabla de la página 254 del tomo 4.º de la traduccion de las cartas de Euler á una Princesa de Alemania, el metro equivale á 3,078444 pies franceses, resulta que dividiendo 30,196 por este número, se tiene 9,8088514 metros para el valor de la fuerza de la gravedad de que hace uso *Mr. Eytelwein*; cuyo valor es algo mayor que el que supone *Mr. Prony*; lo que puede provenir de haber tomado la aproximacion por esceso ó haberla tomado en diferente punto de París respecto de donde la toma *Mr. Prony*. Por lo que, para proporcionarnos una fórmula análoga á la (88), por la de *Mr. Eytelwein*, observarémos del mismo modo, que $\frac{A}{g}=\frac{A}{9,8088514}=a=0,000024$; que da $A=0,0000242651\times 9,8088514=0,0002380127 6$;

$\frac{B}{g}=\frac{B}{9,8088514}=b=0,0003655430$; que da

$=0,0003655430\times 9,8088514=0,0035855569 7$.

Por consiguiente, la ecuacion (88), correspondiente á los datos *Mr. Eytelwein*, dejando indeterminada la fuerza de la gravedad, á $g\times RI=0,00023801276v+0,00358555697v^2$ (89).

162 Tomando ahora un término medio entre los dos números coeficientes que multiplican á v en la fórmula (ec. 88) de *Mr. Prony*, y esta última de *Mr. Eytelwein*, y haciendo lo mismo con los que multiplican á v^2, resultará como fórmula de valor medio, que se aproximará mas á dar los verdaderos resultados, la siguiente

$g\times RI=0,00033700636v+0,00330977729v^2$ (90);

cual nos podrá servir con mas exactitud que las de *Mr. Eytelwein* y *Prony* para un parage cualquiera del Globo, sustituyendo en ella el valor de g que corresponde á su localidad. Para no dejar rastro de duda acerca de que esta fórmula da valores medios entre los que dan dichos Autores, dividamos por g toda la ecuacion, para que resulte análoga con la (87); mas como estos dos Sabios dan diferente valor á g, tomarémos un término medio tambien entre los dos espresados Autores, y se tendrá que dicho valor medio de g, 9,8088232; y dividiendo las cantidades constantes del segundo miembro de la ecuacion anterior, por 9,8088232, nos resultará $=0,00003435747v+0,00033742858v^2$ (91); la cual para los valores $v=0,01$, $v=0,10$, $v=0,36$, $v=1,00$, $v=2,00$, $v=3,00$, da los mismos valores que hallamos ántes, por la (ec. 87), y están contenidos en la tabla anterior; donde se ve que dichos valores son medios entre los aritméticos entre los de *Mr. Eytelwein* y *de Mr. Prony*.

163 Teniendo pues ya una completa seguridad de que la fórmula (ec. 90) es la mas exacta que se puede obtener en el estado actual de los conocimientos Hidráulicos, para aplicarla al *curso de las aguas que se mueven á cielo descubierto en todos los puntos del Globo*, no hay mas que sustituir en ella el valor que corresponda á g segun su latitud y altura del parage sobre el nivel del mar; y para facilitar su aplicacion, la traducirémos en regla, diciendo, que *el producto de la fuerza de la gravedad por el radio medio y por el declive, es igual con el producto del número* 0,00033700636 *por la velocidad media; sumado con el producto del número* 0,00330977729 *por el cuadrado de la misma velocidad.*

164 Si en la espresada (ec. 90), despejamos la I, resulta

$$\frac{3700636v + 0{,}0033097 7729v^2}{g \times R} \quad (92);$$ que suministra la

egla práctica: *para encontrar el declive, inclinacion* [illegible] *que se deba dar á una corriente de agua, conocid* [illegible] *velocidad media, la gravedad, y el radio medio,* [illegible] *á el número* 0,00033700636 *por la velocidad media;* [illegible] *á el número* 0,00330977729 *por el cuadrado de* [illegible] *ocidad media; se sumarán estos dos productos; y la* [illegible] *dirá por el producto de la fuerza de la gravedad p* [illegible] *edio de la seccion de la corriente.*

i quisiéramos encontrar el declive que se debería dar [illegible] cuyo radio medio fuese de 3 pies, para que en Búrg [illegible] velocidad media de 4 pies por segundo, multiplicarian [illegible] 0,00033700636 por la velocidad media, que es 4 pi [illegible] mos 0,00134802544; multiplicaríamos 0,00330977 [illegible] rado 16 de la velocidad media, lo que daría 0,0529564366 [illegible] estos resultados, hallaríamos 0,05430446208; y di [illegible] a suma por el producto de la fuerza de la gravedad, [illegible] actual es 35,1035 por el radio medio que es 3, hallar [illegible] nente 0,0005157.

sando este resultado en forma de quebrado comun, [illegible] [illegible]; y reduciendolo á otro cuyo numerador sea la [illegible]

$v = -0{,}0509107306 + \sqrt{0{,}0025919025 + 302{,}1351325.g.R.I}$ (93);

a cual traducida en regla, nos dice, que *para encontrar la velo-idad media, conocido que sea el declive y radio medio, con la ravedad en el parage en que se opera, se multiplicará el nú-nero* 302,1351325 *por la fuerza de la gravedad en dicho pa-age, por el radio medio y por el declive; á lo que resulte, se le ñadirá el número* 0,0025919025; *y de la suma, se estraerá la aiz cuadrada; de la cual, se restará el número* 0,0509107306; *on lo que se tendrá la velocidad media que se buscaba.*

Ej. Si quisiéramos determinar la velocidad media que resulta-ia en la Habana, para el agua que corriese en un canal ó rio cuyo lclive fuese $\frac{1}{10000}$, y cuyo radio medio fuese 2 pies, teniendo pre-nte que la gravedad en la Habana es 35,0184 pies, y practican-o la regla, encontraríamos por último resultado 1,40467 pies.

166 Si en la ecuacion (90) despejásemos la R, tendríamos el va-r del radio medio, espresado en los de la velocidad media y del de-ive; la ecuacion que resulte deberá ser verdadera en todo caso prác-o: mas sin embargo, no podria servirnos para determinar el ra-o medio, suponiendo arbitrariamente el declive y la velocidad me-a; pues como dicha velocidad media pende del declive, no se les eden suponer cualesquiera valores: así como, para encontrar la *su-cficie de un círculo*, que se sabe (§ 359 *I C*) *es igual á la circun-rencia multiplicada por la mitad del radio*, no se pueden tomar arbitrio cualesquiera valores para la *circunferencia y el radio*, ó que es preciso determinar por otro medio la circunferencia da-el radio, ó el radio dada la circunferencia.

Por esta causa, para determinar el radio medio, observarémos *e la velocidad media es igual á la cantidad de agua que en la dad de tiempo, que es un segundo, pasa por la seccion, divi-da por la superficie de la misma seccion.*

Luego si espresamos por Q la cantidad de agua que pasa en un ndo, que es lo que se llama el *gasto*, y por s la superficie de la

mula aproximada; y de ella se puede inferir, análogamente á lo es-esto (§ 15 Comp. de Mec. Práct.) que *las velocidades medias de las rientes de agua que se mueven á cielo descubierto, guardan la mis-e las raices cuadradas de los productos de la fuerza de la r el radio medio y por el declive; que, á igualdad de las están en las mismas razones que las raices cuadradas de de los radios medios por los declives; y que, á igualdad y de radios medios, las espresadas velocidades medias zon de las raices cuadradas de los declives &c. &c.*

émos $v = \frac{Q}{s}$ (94); é introduciendo en vez de R su va-

§ 59 lib. segundo), la (ec. 90) se nos convertirá en

$$= 0{,}00033700636 \frac{Q}{s} + 0{,}00330977729 \frac{Q^2}{s^2} \quad (95);$$

os divisores, en

$= p(0{,}00033700636 \times Q \times s + 0{,}00330977729 Q^2)$ (96); e

ejando p, que es el perímetro mojado, se tiene

$$\frac{g \times I \times s^3}{0{,}33700636 \times Q \times s + 0{,}00330977729 \times Q^2} \quad (97).$$

el declive y *el gasto* del agua, son dados de antemano,
e asigna la superficie de la seccion perpendicular á la
rve esta fórmula para hacer de tal modo la figura d
n, que el perímetro mojado tenga precisamente el valo
uacion anterior.

quí es donde se requiere la mayor sagacidad en el qu
peracion hidráulica para combinar el que se aprovech
ntidad de agua, y el que se gane la mayor altura
enor declive posible, á fin de conducir las aguas al pu
se destinan, conservándose á la mayor altura; pues y

erza de la gravedad por el declive y por el cubo del número que presenta la superficie de la seccion, y esto se dividirá por la ma del producto del número 0,00033700636, *por el gasto de ua en un segundo, y por la superficie de la seccion con el de* 00330977729 *multiplicado por el cuadrado del espresado gasto agua en un segundo.*

Ej. Supongamos que en Manila se tenga que hacer un canal, ya seccion perpendicular á la corriente sea de 30 pies superficiales el gasto 60 pies cúbicos de agua por segundo, siendo el declive $\frac{1}{8000}$; mo en este caso, la fuerza g de la gravedad es 34,9891 pies, practando la regla, encuentro por último resultado 9,430603; luego el rímetro mojado deberá ser, en el espresado supuesto, 9,430603 pies.

168 Si en la ecuacion anterior, despejamos la I, tendrémos

$$I=\frac{p(0{,}00033700636\times Q\times s+0{,}00330977729\times Q^2}{g\times s^3}\ (98);$$ la cual

s puede servir para determinar el declive, cuando se necesite hapasar una cantidad determinada de agua, por una seccion, igualente conocida en magnitud y figura; dicha ecuacion traducida en gla, quiere decir, que *se multiplique el perímetro mojado por la ma del producto de* 0,00033700636 *por la cantidad de agua, e ha de pasar en un segundo, y por la superficie de la seccion, n el* 0,00330977729 *por el cuadrado de la espresada cantidad agua, y que todo esto se divida por el producto de la fuerza la gravedad por el cubo de la superficie de la seccion.*

Ej. Supongamos que se tratase de sangrar la laguna de *Peñara* para conducir sus aguas á un establecimiento industrial en las mediaciones de *Buitrago*, de San Antonio de la Cabrera, &c. Este so ofrece una diferencia de nivel sumamente considerable; por lo al, y para sacar todas las ventajas posibles convendrá que la secon sea muy pequeña, con el objeto de que los gastos de escavacion construccion del acueducto sean menores, y que aumentando la vecidad, resulte una gran cantidad de agua; y así nos propondrémos *allar el declive, que se deberá dar á un canal, cuya seccion sea* 6 *pies superficiales, y cuyo perímetro mojado sea de* 5 *pies longitudinales para que en un minuto de tiempo suministre cuatro il y doscientos pies cúbicos de agua.*

Multiplico el número 0,00033700636 por 70, que es el número cúbicos de agua que pasan en un segundo, puesto que en un uto ó 60 segundos, pasan 4200, y hallo 0,0235904452; multi-

mero por 6, que representa la superficie de la seccion, ,1415426712. Ahora, multiplico el número 729 por el cuadrado del gasto que es 4900; lo que da 21. Sumo este número con el hallado ántes y obtengo 3922; multiplico esta suma por el perímetro mojado, s, y saco 81,797256961.

co la fuerza de la gravedad, que en dicho punto de Peñalara pies, por el cubo de 6, que es 216, y resulta 7578,2088. mo, divido 81,797256961 por 7578,2088, y hallo e espresado en quebrado comun, da $\frac{1079}{100000}$, ó dividiendo imos por 1079, resulta $\frac{1}{93}$ con corta diferencia; lo cual cir que *en cada* 93 *pies de distancia horizontal*, de- *r un pie de inclinacion, declive ó desnivel.*

en el primer miembro de la (ec. 95) sustituimos R por

$$s\ g\times I\times R=0{,}00033700636\frac{Q}{s}+0{,}00330977729\frac{Q^2}{s^2}\ (95)$$

multiplicamos por s^2, y despejamos la s, tendrémos por ado, desechando un valor negativo, que nada nos que relacion á nuestro objeto,

$$\frac{50318+\sqrt{0{,}00000002839 2+0{,}00330977729\times R\times I}}{g\times I\times R}\ (9$$

en Vergara la fuerza de la gravedad es 35,1169 pies, practi-
do la regla, obtendríamos por último 56,05; y quiere decir, que
superficie de la seccion debería ser de 56,05 pies cuadrados.

170 Si en la (ec. 99) despejamos la R, tendrémos

$$\frac{Q}{g \times I \times s}\left(0{,}00033700636 + 0{,}00330977729 - \frac{Q}{s}\right) \quad (101);$$

la cual nos
de servir para encontrar el radio medio, cuando el gasto y el de-
e sean dados por la naturaleza de la cuestion, y ademas otras
unstancias hayan obligado á fijar de antemano la superficie de la
ion; y la espresada fórmula nos suministra la siguiente regla
ctica: *multiplíquese el número* 0,00330977729 *por el cociente*
dividir el gasto por la superficie de la seccion; á esto añádase
número 0,00033700636; *lo que resulte se multiplicará por el*
to de agua; y lo que se obtenga se dividirá por el producto de
fuerza de la gravedad, por el declive y por la superficie de
seccion.

Ej. Supongamos que en el cabo Ortegal se trate de formar un
l que produzca 80 pies cúbicos de agua en un segundo, siendo
el declive, y 45 pies cuadrados la superficie de la seccion per-
dicular á la corriente. Como en dicho parage la fuerza g de la
edad es 35,1231 pies, practicando la regla, encontraría por
no 1,889; y quiere decir que el radio medio sería 1,889 pies *.

171 Determinado ya el radio medio, la cuestion es susceptible
de varias resoluciones segun sea la figura que se quiere tenga la

---

Si hubiéramos supuesto que la superficie de la seccion del canal era
ies, y que los demas datos fuesen los mismos, hubiéramos encontrado
9 pies para el radio medio; este resultado nos indica ya que la cuestion
os términos propuestos no es posible.

En efecto, siendo la superficie de la seccion 15 pies y el radio medio
9 pies, como el perímetro mojado es igual con la superficie de la sec-
dividida por el radio medio, si partimos 15 pies por 16,39, nos vie-
á resultar unas seis décimas de pie para el perímetro mojado, y se
ibe con facilidad que no puede haber ninguna figura que con un perí-
ro mojado tan pequeño pueda tener una superficie tan grande como
ies.

Esta imposibilidad absoluta nos la darán á conocer las mismas fórmulas
do se trate de hallar definitivamente las dimensiones de la seccion,
o verémos nota del § 174.

Tal es la exactitud admirable á que conducen los procedimientos ma-
ticos, que si uno por distraccion ó inadvertencia se propone una cues-
no es posible en la naturaleza, el método y las fórmulas que nos
ran las Matemáticas hacen patente al instante la imposibilidad de
ros equivocados supuestos.

seccion; pues los datos conocidos de la superficie de esta y del peri metro mojado todavía dejan indeterminada la forma de la seccio Sobre este punto, no puedo ménos de repetir mi opinion, de qu *sería de la mayor importancia el medir muchas secciones de ri y de canales, para tomar despues una figura de seccion que se tisfaciese mejor á todas las circunstancias de la naturaleza.* M en el ínterin que esto se ejecuta, enseñarémos aquí á determin con toda generalidad, la construccion de esta figura en el supue de que sea paralelográmica ó trapecial, que son los casos ordinar que hasta ahora se han considerado en la práctica.

Principiemos por el caso en que, ademas de conocerse la supe ficie en cantidad, y el radio medio, se desée que la figura sea un p ralelógramo rectángulo.

En este caso, espresando por l el lado de la base, y por h altura, se tendrá $s=l\times h$ (102); y el perímetro mojado será $l+2$

el cual deberá ser lo que hemos llamado p, que es igual con

luego se tendrá $l+2h=\frac{s}{R}$ (103); despejando la l y la h por m

de estas dos ecuaciones, se obtiene, despues de hechos todos los c

culos, $l=\frac{s\pm\sqrt{s(s-8R^2)}}{2R}$ (104), $h=\frac{s}{l}$ (105); las cuales suminis

dos resoluciones; es decir, que dan dos figuras *paralelogram rectangulares*, que pueden satisfacer á la cuestion; por lo que Hidráulico deberá elegir aquella que mejor concilie todas las de circunstancias. Traduciendo en regla las espresadas ecuaciones, dan la siguiente: *para determinar los lados del rectángulo, cu do se conozca su superficie y el radio medio, se restará de la perficie de la seccion, el óctuplo del cuadrado del radio me esto se multiplicará por la superficie de la seccion; del prod se estraerá la raiz cuadrada; esta se sumará con la espres superficie; y la suma se dividirá por el duplo del radio medio; lo cual tendrémos uno de los valores del lado horizontal; la ma raiz cuadrada se restará de la superficie de la seccion que resulte se dividirá por el duplo del radio medio; lo qu otro valor del lado horizontal que debe formar la base seccion.*

'ara encontrar la altura de la seccion, ó el lado vertical, idirá la superficie de la seccion por cada uno de los dos va- del lado horizontal y se obtendrán los dos valores del lado al.

2 Si el perfil de la seccion debe ser un trapecio, espresando h la base del talud, esto es, llamando n el coeficiente ó núme- el que se ha de multiplicar la altura del trapecio para que se rta en la base del talud y l el lado inferior ó el que se halla solera del canal, se tienen para determinar este lado y la , las dos ecuaciones siguientes *.

En efecto, la (fig. 5) nos da (*V.* § 356 *IC*)

$H\times\frac{BE+AC}{2}=AH\times\frac{BE+AL+LM+MC}{2}$; y como AL es con HB por lados opuestos de paralelógramos, MC con EG y on BE por la misma razon, y por otra parte la figura es simé- esto es, debe ser igual por ambos lados, se tiene $HB=EG$; espresion anterior se convertirá en $s=AH\times(HB+BE)$: que, ando por h la altura HA, y siendo $HB=n\times HA=n\times h$, si os $BE=l$, nos resultará $s=h\ (l+nh)$;

, $AB=\sqrt{AH^2+HB^2}=\sqrt{h^2+n^2\times h^2}=h\sqrt{1+n^2}$; y el perime- ojado será

$B+BE+EC=h\times\sqrt{1+n^2}+l+h\sqrt{1+n^2}=l+2h\sqrt{1+n^2}$: y como en se tiene $p=\frac{s}{R}$; resultan las dos ecuaciones $l+2h\sqrt{1+n^2}=\frac{s}{R}$ $=h\times(l+n\times h)$. Despejando la l en ambas se tiene

$-2h\sqrt{1+n^2}\ (A)$; y $l=\frac{s}{h}-nh$; igualando estos dos valores, re-

$\frac{s}{R}-2h\sqrt{1+n^2}=\frac{s}{h}-nh$; multiplicando por h, sale una ecua- le 2.° grado respect de esta letra: la cual preparada (V. § 167 *IC*)

$\frac{s}{R(2\sqrt{1+n^2}-n)}\times h=\frac{s}{2\sqrt{1+n^2}-n}$; y resolviéndola 168 *IC*) resulta, despues de hechas todas las simplificaciones,

$=\frac{\sqrt{s(s-4R^2(2\sqrt{1+n^2}-n))}}{2R(2\sqrt{1+n^2}-n)}$; la cual y la ($A$) son las dos ecua- s del testo.

$$\frac{\sqrt{s(s-4R^2\times(2\sqrt{1+n^2}-n))}}{2R(2\sqrt{1+n^2}-n)} \quad (106) \text{ y } l=\frac{s}{R}-2h\sqrt{1+n^2}\ (1$$

cuales, aunque en apariencia dan tambien dos soluci
rgo, como una de ellas por lo general dará valores ne
alguna de las dimensiones, se deberá desechar; pue
nificacion útil en este caso; y si en alguna cuestion res
s, y con valores positivos ambas dimensiones, el encar
eracion las deberá comparar con las circunstancias lo
er la que le es mas ventajosa.

uciendo en regla las espresadas ecuaciones, resulta la
para encontrar la altura del trapecio, se cuadrar
e del talud; á este cuadrado se le añadirá la unida
resulte, se estraerá la raiz cuadrada; del duplo de
quitará el espresado coeficiente; lo que resulte, se m
or el cuádruplo del cuadrado del radio medio; este
restará de la superficie de la seccion, y lo que res
licará por la superficie de la misma seccion; del pro
raerá la raiz cuadrada; esta se sumará con la super
cion; y lo que se obtenga, se dividirá por el producto
radio medio, por el duplo de la raiz cuadrada de la
da con el cuadrado del coeficiente, quitando del espre
la raiz el mismo coeficiente. Con lo cual se tendrá

talud general de las tierras, era cuando su declive formaba un ángulo de 45° ó en que *la base del talud fuese igual con la altura. Mr. Dubuat* opinaba que, al ménos para obras hidráulicas, es todavía escasa dicha base del talud, y que *debía tener cuatro partes de base por tres de altura*, que es la construccion que hemos manifestado (§ 61 libr. 2.°) reune mayor número de circunstancias ventajosas. *Mr. Prony*, en los ejemplos que cita, hace uso de supuestos de que *haya uno y medio de base por uno de altura*; y aun *dos de base por uno de altura*; por lo que deducirémos, de las fórmulas generales, las que corresponden á estos cuatro casos.

174 Supongamos primero que el *talud sea de uno de base por uno de altura*; en este caso, sustituyendo 1 en vez de n en las fórmulas (106 y 107), resulta

$$h=\frac{s\pm\sqrt{s(s-4R^2(2\sqrt{2}-1))}}{2R(2\sqrt{2}-1)}\ (108),\ \text{y}\ l=\frac{s}{R}-2h\sqrt{2}\ (109);$$ que, haciendo todas las operaciones, se convierten por último en

$$h=\frac{s\pm\sqrt{s(s-7{,}313704R^2)}}{3{,}656852R}\ (110),\ \text{y}\ l=\frac{s}{R}-2{,}828426\times h\ (111);$$

se suministran la siguiente regla: *para encontrar la altura del trapecio, cuando se conoce la superficie de la seccion y el radio medio, siendo el talud de uno de base por uno de altura, se restará de la superficie dada, el producto del número* 7,313704 *por el cuadrado del radio medio; lo que resulte se multiplicará por la misma superficie, y del producto se estraerá la raiz cuadrada; esta raiz se sumará con la misma superficie; y la suma se dividirá por el producto del número* 3,656852 *por el radio medio; lo que dará uno de los valores que pueden tener la altura del trapecio.* Para encontrar el otro, *se restará de la misma superficie, el valor de la citada raiz cuadrada; y lo que resulte se dividirá por el producto de* 3,656852 *por el radio medio.*

Para encontrar los dos valores del lado inferior del trapecio, que es el que forma la interseccion con la solera, *del cociente de dividir la superficie por el radio medio, se restará el producto de* 2,828426 *por cada uno de los dos valores hallados para la altura.*

1.° Si hacemos aplicacion á la cuestion del (§ 170), nos resultarán, practicando la regla anterior, para h los dos valores siguien-

tes: 10,736 y 2,292 *; y los valores de l resultan ser $l=-6,544$ y el otro valor es $l=17,339$.

Desechando la resolucion negativa, que nada nos dice en este caso, resulta que los valores que satisfacen á la cuestion son $l=17,339$ y $h=2,292$.

175 Deduzcámos las fórmulas y regla para cuando el talud tiene 4 de base por 3 de altura; en este caso, no tenemos que hacer mas que sustituir por n en las (ecs. 106 y 107) el número $\frac{4}{3}$; lo cual nos dará, despues de hechas todas las simplificaciones,

$$h=\frac{s\pm\sqrt{s(s-8R^2)}}{4R}\ (112),\ \text{y}\ l=\frac{s}{R}-\frac{10}{3}h\ (113);$$ que suministran la siguiente regla: *para encontrar la altura del trapecio, conocida que sea la superficie de la seccion y el radio medio, se restará de la espresada superficie, el óctuplo del cuadrado del radio medio; lo que resulte, se multiplicará por la misma superficie; del producto se estraerá la raiz cuadrada; esta raiz se sumará con la mencionada superficie; y dividiendo esto por el cuádruplo del radio medio, se tendrá la altura del trapecio en una de las dos soluciones.* Para encontrar la altura correspondiente á la otra solucion, *se restará de la misma superficie la espresada raiz cuadrada; y lo que resulte se dividirá por el cuádruplo del radio medio.*

Para encontrar los dos valores del lado horizontal del trapecio, *del cociente de dividir la superficie por el radio medio, se restarán los dos tercios de cada una de las alturas encontradas.*

Ej. Si queremos hallar las dimensiones del trapecio de la misma cuestion del (§ 170), obtendrémos que una de las resoluciones será aquella en que la altura sea 9,792 y el lado horizontal —8,818; pero como una de estas dimensiones es negativa, aquí no conduce para nada. La otra resolucion es que la altura sea de 2,119 y que el lado horizontal sea de 16,759.

* Si hiciéramos aplicacion á la cuestion de la nota del (§ 170), hallaríamos para h los dos valores siguientes:

$$h=\frac{15\pm\sqrt{15(15-7,313704\times268,6321}}{3,656852\times16,39};$$

Y como son imaginarios, pues que la parte negativa que hay bajo del radical es mayor que la positiva, resulta ser imposible que datos puestos en dicha nota satisfagan á ninguna cuestion. Lo ... *confirma lo* que hemos dicho en la espresada nota sobre la exactitud *de los* procedimientos matemáticos.

176 Para hacer aplicacion al caso en que á 1 de altura corres-
onde 1½ de base, no tenemos mas que sustituir en las (ecs. 106 y
07) por n el número $\frac{3}{2}=1,5$; lo que nos dará, despues de todas
s operaciones, $h=\frac{s\pm\sqrt{s(s-8,4224R^2}}{4,2112R}$ (114), $l=\frac{s}{R}-3,6056h$ (115);
e nos suministran la siguiente regla: *para encontrar la altura del
apecio, dada que sea la superficie y el radio medio, se restará
la espresada superficie, el producto de* 8,4224 *por el cuadrado
l radio medio; esto se multiplicará por la espresada superficie; del
oducto, se estraerá la raiz cuadrada; esta raiz se sumará con
misma superficie, y la suma se dividirá por el producto de*
2112 *por el radio medio*; con lo cual se tendrá la altura corres-
ndiente á una de las soluciones. Para encontrar la otra, *se resta-
de la misma superficie, la mencionada raiz cuadrada; y lo que
sulte, se partirá por el producto de* 4,2112 *por el radio medio.*

Para encontrar los dos valores del lado horizontal, *del cociente
dividir la superficie por el radio medio, se restará el producto
3,6056 por cada uno de los valores hallados para la altura
l trapecio.*

Ej. Haciendo aplicacion á esta hipótesis de talud, en la misma
estion del (§ 170), hallarémos que las dimensiones del trapecio son,
una de las resoluciones, que la altura sea 8,91 y el lado hori-
ntal —8,304; pero como una de estas dimensiones es negativa no
nduce aquí para nada. La otra resolucion es que la altura sea de
39 y que el lado horizontal sea de 15,205 *.

177 Determinemos por último las fórmulas y regla, para cuan-
al talud corresponden dos de base por uno de altura. En este
so, no hay mas que sustituir 2 en vez de n en las (ecs. 106 y
07); y despues de todas las simplificaciones, resultan por último
$=\frac{s\pm\sqrt{s(s-9,8885R^2)}}{4,9442R}$ (116), $l=\frac{s}{R}-4,4721h$ (117); las cuales
mministran la siguiente regla: *para encontrar la altura del tra-
ecio, cuando se conocen la superficie y el radio medio, se resta-
á de la mencionada superficie el producto de* 9,8885 *por el cua-
lo del radio medio; lo que resulte se multiplicará por la mis-
uperficie; del producto se estraerá la raiz cuadrada; esta*

* Tambien nos resultarían imaginarios los valores, haciendo aplica-
ion á la cuestion de la nota del (§ 170).

se sumará con la misma superficie, y lo que se obtenga, se dividirá por el producto de 4,9442 por el radio medio; con lo que se tendrá uno de los valores de la altura. Para encontrar el otro, *se restará de la misma superficie, la raiz cuadrada obtenida; y lo que resulte, se dividirá por el producto de 4,9442 por el radio medio.*

Para encontrar los dos valores del lado horizontal, *del cociente de dividir la superficie por el radio medio, se restará el producto de 4,4721 por cada uno de los valores de la altura.*

Ej. Haciendo aplicacion de este caso á la misma cuestion del (§ 170), hallamos que las dimensiones del trapecio son: en una solucion, cuando la altura sea de 7,06 y el lado horizontal de —7,351; la cual no nos hace al caso; y cuando la altura sea de 2,58 y el lado horizontal de 12,284 *.

178 En la (ec. 101) la verdadera incógnita es el perímetro mojado; pues siendo $R=\frac{s}{p}$, la espresada ecuacion da

$$p=\frac{g\times I\times s^2}{Q\left(0{,}00033700636+0{,}0033097 7729\frac{Q}{s}\right)}$$ (118); la cual nos suministra la siguiente regla: *para encontrar el perímetro mojado, conocida la gravedad, el declive, el gasto y la superficie de la seccion, se multiplicará la gravedad por el declive y por el cuadrado de la superficie de la seccion; y lo que resulte, se dividirá por el producto del gasto por la suma del número* 0,00033700636 *con el producto de* 0,0033097 7729 *por el cociente de dividir el gasto por la superficie de la seccion.*

Ej. Supongamos que se necesite construir en Valencia un canal que conduzca 90 pies cúbicos de agua por segundo, siendo la superficie de la seccion 60 pies cuadrados, con un declive de $\frac{1}{7000}$; y que se trate de saber cual debe ser el perímetro mojado.

Practicando la regla, encontrarémos por último resultado 37,825 pies.

179 Cuando se trata de un canal de navegacion con declive, la figura y la magnitud de la seccion *s* deben fijarse *en virtud de las dimensiones y de lo que calen los barcos*; entónces el radio medio

* Las mismas fórmulas, aplicadas á la cuestion de la nota del (§ 170), nos darían valores imaginarios.

uperficie de la seccion, son cantidades que se nos dan conoci-
se trata de obtener una cantidad Q de agua, que corrá con
live I, tal que los valores de Q y de I satisfagan á la (ec. 97).
l suministra un medio seguro y simple: 1.° para verificar la
idad del proyecto y reconocer si la seccion, de que se tiene
ad, es compatible con la cantidad de agua disponible y con
inacion que se puede dar al canal; 2.° en el caso de que, bajo
pecto, las condiciones pedidas estuviesen satisfechas, combinar
í los diversos elementos del proyecto de la manera mas ventajosa.

Todo lo dicho hasta aquí, relativo al movimiento de las
supone que las paredes de los lechos guardan una cierta re-
lad; pero si estas paredes estuviesen cubiertas de plantas acuá-
la resistencia aumenta sensiblemente; y este efecto tiene aun
i hay un cierto número de bateles estacionarios en el canal.
nderá á este aumento de resistencia, *multiplicando, en las
ones anteriores, el perímetro mojado por un coeficiente ma-
e la unidad, que esprese esta resistencia, y que se deberá
inar por consideraciones particulares relativas á las cir-
ncias locales. Mr. Girard* es el primero que ha tenido la fe-
a de emplear este coeficiente de correccion, considerándole co-
multiplicador del perímetro mojado, y ha obtenido, respecto
al del *Ourcq*, que dicho coeficiente estaba representado por 1,7.
os todas estas advertencias para que se tengan en considera-
los diversos casos que puedan ocurrir.

Cuando hay que hacer aplicacion al movimiento del agua
canales descubiertos de inclinacion variable, se considera la
d total dividida en muchas inclinaciones parciales de una cier-
gitud, que se puedan considerar como uniformes; en cuyo caso,
que cada una de estas corrientes se podrá someter á las di-
reglas de cálculo que hemos establecido.

2 Si las mudanzas de inclinacion ó declive estuviesen suje-
la ley de continuidad, como sucede en los rios, que todos ellos
mayor pendiente, á proporcion que se acercan á su orígen, el
línea directiva vendrá á ser una curva, cuyas coordenadas ha
inado *Mr. Girard* para el Canal del *Ourcq*; sobre lo que no
tendrémos, por exceder al objeto que nos hemos propuesto,
a de que la práctica no sacaría gran partido de investigaciones
nplicadas, en atencion á que las variaciones que esto puede
ir no tienen influjo sensible en la mayor parte de los casos
urren.

183 Como la evaporacion, las filtraciones y los usos á que el canal está destinado pueden originar gastos locales de agua, como son, el proporcionar regadío, ó abastecer de agua al vecindario de los pueblos, ó á los establecimientos industriales, si el agua no se reemplaza por la de algunos arroyos, fuentes &c. ocasionará necesariamente desigualdades en los productos de cada seccion; por lo cual en casos de esta naturaleza se deberá considerar la diminucion de agua indicada para arreglar á ella las dimensiones del canal.

184 Tambien se debe tener presente en los proyectos de los canales, ó corrientes de agua, que su curso debe ser engruesado muchas veces por aguas afluentes de arroyos, manantiales &c.; y que tambien se puede reunir esta circunstancia con la de tener que surtir á otros canales de derivacion.

En este caso, se deben determinar las dimensiones del canal con presencia de todas las circunstancias locales; á cuyo efecto será preciso calcular el aumento ó diminucion que puedan tener las aguas por todas estas causas y arreglar las dimensiones de cada trozo segun las cantidades de agua que por él deban pasar.

185 Tampoco se debe dejar de considerar el tiempo de la escasez ó abundancia de agua que suministran las fuentes, los arroyos y los rios en las diversas estaciones del año; pues todas estas variaciones deben tenerse presentes para combinar los principios generales que se han establecido, con la multitud de circunstancias accidentales que sobrevienen, y acerca de las cuales no se puede dar *à priori* ninguna regla segura.

186 En todo lo que acabamos de manifestar, hemos conservado indeterminada la fuerza de la gravedad para que se pueda aplicar á cualquier punto del Globo; pero deseando no omitir ninguna diligencia que pueda contribuir á que esta obra proporcione mayores ventajas, vamos ahora á contraernos á la localidad de Madrid, introduciendo la fuerza de la gravedad y resolviendo los problemas prácticos que pueden ocurrir. Y como segun hemos manifestado (29) se puede tomar la posicion de Madrid como una situacion media entre todas las situaciones *físico-geográficas* de nuestra Península, la trasformacion, que vamos á dar, podrá servir sin error sensible en la mayor parte de las espresadas localidades.

Para esto, no tenemos mas que dividir por el valor de g en Madrid, que es 35,0961 piés españoles, los dos números constantes del segundo miembro de la (ec. 90) y suprimir la g en el primero: lo que nos dará $RI=0{,}0000096023 9v+0{,}0000943061 3v^2$ (119)

Esta ecuacion contiene para Madrid y para todos los parages
puedan reconocer la posicion de dicha capital como situacion
a, la relacion entre la velocidad media de una corriente, el de-
de su lecho, y el radio medio de su seccion perpendicular.

17 Si en esta ecuacion despejamos la I, nos resultará

$$\frac{0{,}000096023\,9v + 0{,}000094306\,13v^2}{R}. \quad (120).$$

Esta ecuacion, traducida en regla dice, que *para encontrar el*
e que se debe dar á una corriente de agua, cuando se co-
la velocidad media, y el radio medio, se multiplicará del
rado de dicha velocidad media por el número constante
094306 13; *el número que resulte, se sumará con el pro-*
de la velocidad media, por 0,000009602 39, *y esta suma se*
irá por el radio medio.

7. Hagamos aplicacion de esta formula para encontrar el de-
ó inclinacion del *Jarama* en el parage citado (§ 64 libro 2°).
esto, no tenemos mas que sustituir en ella, en vez de v, la ve-
id media que hemos hallado (142), á saber 3,875 pies; y en
le R el valor del radio medio, que hemos encontrado (66) ser
7 pies; cuya operacion, practicando la regla anterior, ejecutaré
te modo; multiplico el número 0,000009602 39 por la veloci-
media 3,875 pies y saco el producto 0,000037209 26. Cua-
la velocidad media 3,875 (V. § 227 de Ar. de N.) y obtengo
1562; esto lo multiplico por el número 0,000094306 13 y
esulta 0,001416065 48. Sumaré este número con el anterior
00372092 6, y obtengo la suma 0,001453274 74; que divi-
por el valor 1,467 del radio medio, resulta por último
099 para el declive ó pendiente, que viene á ser $\frac{1}{1000}$.

Ahora bien, por el resultado de mi nivelacion (V. pág. 449 del
rio de septiembre de 1824), se ve que si el Jarama siguiese
rso en línea recta desde su confluencia con el Lozoya hasta el
de Uceda, entre cuyos puntos está el parage de la velocidad
a, que hemos determinado (142), el declive hubiera sido $\frac{1}{242{,}2}$;
no este número viene á ser unas cuatro veces mayor que el $\frac{1}{1000}$
n el declive que acabamos de encontrar, nos quiere decir esto,
los meandros y tortuosidades del mismo rio entre dicho punto, y

matorrales en algunos parages vienen á equivaler á lo
si el curso del rio fuese cuatro veces mayor y conservase
gularidad que en el parage donde medimos su velocidad:
quisiéramos encontrar la velocidad media, conociendo el
l radio medio, despejaríamos la v en la (ec. 119), y
s

$$)107+\sqrt{0,002591899+10603,376457\times R\times I}. \quad (121)$$

suministra la regla siguiente: *para encontrar la velo-
, conocido que sea el declive y el radio medio, se mul-
número* 10603,376457 *por el radio medio y por el
o que resulte, se le añadirá el número* 0,002591899
a se estraerá la raiz cuadrada; de esta, se restará
0,0509107; con lo que se tendrá la velocidad media
scaba.

ppongámonos determinar la velocidad que hubiéramos h
o *Jarama*, si desde su confluencia con el Lozoya hasta
ceda, hubiese continuado en línea recta, con todas las d
ancias iguales á las del parage en que yo medí la velo

entónces se debería suponer el declive de $\frac{1}{242,2}$; calcu-
idad media que á este declive corresponde.

dades; cuya aproximacion nos garantiza de que *las fórmulas de Mr. Eytelwein y de Mr. Prony son bastante exactas, y de que las trasformaciones que les hemos dado, hasta deducir la que conviene á la localidad de Madrid, son las mas adecuadas*; pues que nos suministran resultados de una exactitud, á la verdad muy sorprendente.

189 Por las razones dadas (159), no podrémos hallar el valor de R solo por el conocimiento de la velocidad media y declive; y así, aunque si despejáramos la R en la (ec. 119), obtendríamos una que se debería verificar entre los valores de I, R y v, no obstante, no se pueden suponer valores arbitrarios á v y á I; por lo que debemos introducir aquí el gasto, así como lo hemos hecho en la (ec. 90).

Sustituyendo pues en la (ec. 119) en vez de v su valor $\frac{Q}{s}$, y por R el suyo $\frac{s}{p}$, se nos convertirá en

$$\frac{s}{p}\times\frac{Q}{s}=0{,}000009602 39.\frac{Q}{s}+0{,}000094306 13\frac{Q^2}{s^2}\ (122);$$ y quitando los divisores se tendrá

$$I\times s^3=p(0{,}000009602 39.Q.s+0{,}000094306 13.Q^2)\ (123);$$ en la cual despejando p, que es el perímetro mojado, resultará

$$\frac{I\times s^3}{0{,}000009602 39\times Q\times s+0{,}000094306 13Q^2}\ (124);$$ la cual nos suministra la siguiente regla: *para encontrar el perímetro mojado, cuando se tiene fijo de antemano el declive, la superficie de la seccion y la cantidad de agua, que ha de pasar por ella, se multiplicará el declive por el cubo de la superficie de la seccion; y lo que resulte, se dividirá por la suma del producto del número* 0,000009602 39 *multiplicado por el gasto de agua, y por la superficie de la seccion con el producto de* 0,000094306 13 *por el cuadrado del gasto.*

Al hacer aplicacion de esta fórmula, se deberán tener presentes las consideraciones hechas (160), á fin de fijar los valores de Q y de s, de modo que no estén en contradiccion con el declive ó pendiente.

190 Si en la (ec. 123), despejamos la I, tendrémos

$$\frac{p}{s^3}=(0{,}000009602 39\times Q\times s+0{,}000094306 13.Q^2)\ (125);$$ la cual

nos sirve para cuando en Madrid y demas localidades, que no difieran mucho de esta capital en latitud y altura sobre el nivel del mar se quiera determinar el declive que se debe dar á una corriente para hacer pasar una cantidad de agua dada, por una seccion cuya magnitud y perímetro mojado se dan tambien conocidos; la cual traducida en regla nos dice: que *para encontrar el declive, dada la superficie de la seccion, su perímetro mojado y la cantidad de agua que debe pasar por ella en un segundo, se multiplique el cociente de dividir el perímetro mojado por el cubo de la superficie de la seccion, por la suma del producto de* 0,00000960239 *multiplicado por el gasto de agua y por la superficie de la seccion, con el producto de* 0,00009430613 *por el cuadrado del gasto de agua*; con lo que se tendrá el declive que se ha de dar al canal.

Ej. Supongamos que se necesite determinar el declive, que se debería dar á un canal, para que condujese las aguas del *Jarama* reunidas ya con el Lozoya, que en el parage citado (§ 66 libr. 2.º) son 9514,59 pies cúbicos por minuto (V. pág. 603 del Mercurio de noviembre de 1824) que hacen 158,5765 pies cúbicos por segundo; y supongamos tambien que circunstancias particulares hayan obligado á dar á la seccion 162 pies de superficie; que la seccion sea un trapecio en que las paredes ó lados tengan un talud de $\frac{3}{2}$ de base por 3 de altura. En este caso, corresponde que el lado BE (fig. 5) sea de 6 pies *; lo que hará en virtud de lo expuesto (§ 61 L. 2.º) que la altura $BL=\frac{3}{2}.6=9$ pies; $AB=\frac{5}{2}BE=\frac{5}{2}.6=15$; $EC=15$; luego el perímetro mojado será $15+6+15=36$ pies.

Por lo que, siguiendo la regla, dividiré el perímetro mojado que es 36, por el cubo de 162, que es 4251528, y hallo que el cociente, despues de simplificado (V. § 133 de Ar. de N.) es $\frac{1}{118}$. Multiplico 0,00000960239 por el gasto 158,5765; y lo que

* En efecto, por el principio de la nota del párrafo 172 de este libro se tiene $s=AH.\frac{BE+AC}{2}$; pero $AH=BL$ por lados opuestos de paralelogramo; y como en virtud de lo espuesto (§ 61 L. 2.º) $BL=\frac{3}{2}BE$ y $AC=5BE$, haciendo estas sustituciones en la ecuacion anterior y poniendo 162 por s, nos resultará $162=\frac{3}{2}BE.\frac{BE+5BE}{2}=\frac{3}{2}BE.\frac{6BE}{2}=\frac{3}{2}BE.3BE=\frac{9}{2}BE^2$, que da $BE^2=162.\frac{2}{9}=\frac{324}{9}=36$; y extrayendo cuadrada, se tiene por último $BE=6$.

esulte por 162, y obtengo 0,24667957. Con esto, debo sumar el producto de 0,0000943061 3 por 25146,50635225 cuadrado del asto, que es 2,3714697, y saco por suma 2,6181492679.

Multiplicando esto por $\frac{1}{118098}$, saco que el declive debe ser $\frac{2,6181492679}{118098}$; que, simplificando el quebrado, dividiendo los dos términos por el numerador, resulta $\frac{1}{45107}$; esto es, un pie de desnivel en cada distancia de 45107 pies.

191 Supongamos que la seccion debiese tener la figura rectangular, y que ademas se añada la circunstancia de que el radio medio sea 4,5 pies.

En este caso, para determinar el lado horizontal, practicarémos la regla establecida (171) de este modo.

Siendo 4,5 el radio medio, su cuadrado será 20,25, que multiplicándole por 8, se tiene 162; y restado este número, de la superficie de la seccion, que es tambien 162, tenemos *cero*, que multiplicando por 162 resulta *cero*; y estrayendo la raiz cuadrada tambien será *cero*; este valor *cero*, sumado ó restado con la superficie de la seccion 162, da el mismo 162, que dividido por el duplo del radio medio, que es 9, resulta 18 para el lado horizontal; y como dividiendo la superficie 162 por el lado horizontal 18, resulta tenemos que las dimensiones del rectángulo serán 18 pies el lado horizontal y 9 el vertical, que reune la circunstancia de suministrar la forma que hemos dicho (§ 60 libr. 2.°) concilia el mayor número de ventajas.

Aquí solo se obtiene una resolucion, por haber resultado el óctuplo del cuadrado del radio medio igual con la superficie propuesta. Con el objeto de presentar un ejemplo que suministre las dos soluciones que da la regla (171), supongamos que el valor del radio medio sea 4,3 pies solamente. En este caso, resulta, que su cuadrado 18,49 y su óctuplo 147,92; que restado de 162, da 14,08; multiplicando 14,08 por 162, se tiene 2280,96; cuya raiz cuadrada es 47,76; la cual sumada con 162, da 209,76; que dividiendo por 8,6, duplo del radio medio, se obtiene 24,39 para uno de los valores que puede tener el lado horizontal. El otro valor lo hallarémos restando 47,76 de 162, lo que da 114,24, que dividido por 8,6 resulta 13,28, que será el lado horizontal correspondiente á la otra solucion.

Para encontrar la altura de la seccion, ó el lado vertical, di-

vidirémos, segun previene la misma regla, la superficie 162 de seccion por cada uno de los valores horizontales hallados, y nos sultará 6,64 de dividir 162 por 24,39; y dividiendo 162 por otro valor 13,28, se obtiene 12,20.

Luego las dos resoluciones son una en que el lado horizontal rectángulo sea 24,39 y el lado vertical ó altura 6,64; y la otra que el lado horizontal sea 13,28 y el vertical 12,20 pies.

La seccion correspondiente á la primera resolucion, está rep sentada en la (fig. 36 lám. 3) y la segunda en la (fig. 37).

El determinar cual de estas dos figuras conviene mas, es u de las circunstancias que exigen mucha atencion por parte del dráulico. Y para presentar un ejemplo del caso en que cada una estas deba ser preferida, supongamos que el parage, por donde ha de pasar el canal, presente las desigualdades que se advierten en la nea *ABCDE* (fig. 38). Si el corte dado al terreno por *BH*, lo fi ramos en *MBP* (fig. 39), observarémos que para la primera re lucion, deberémos escavar solo la parte *lkst*; y no bastándonos alto de las *lk,st* para dar toda la altura conveniente, deberían formar terraplenes ó levantar paredes de mampostería ó albañile y debiendo estos ser mucho mayores si se adoptase el perfil de (fig. 37) resulta, que en el parage *BH* (fig. 38), cuya seccion está presentada por la (fig. 39) es mas ventajosa la primera resoluc que la segunda.

Pero si suponemos que en el parage cortado por *DL*, la sec del terreno sea la *QDT* (fig. 40), en este caso, empleando la prim resolucion, tendrémos que escavar toda la parte *mupq*; y emplea la segunda, tendríamos que escavar solo la porcion *rszx*; y co esta es mucho menor que la primera, resulta que en este caso gasto de emplear la segunda será considerablemente menor que de emplear la primera.

Si entre el corte *BH* y el *DL* hubiera, como representa misma (fig. 39), el corte *CK*, entónces, ya por la economía y también para evitar el tránsito repentino de las dimensiones, se giría una seccion intermedia como la *fgih* (fig. 41).

En el caso de que por las circunstancias locales sea ménos toso el taladrar el terreno, que el abrirlo por la parte superior costear la altura, cuando no hay ninguna circunstancia partic que á elegir la resolucion que da mas ancho en el lado es preferible generalmente la resolucion de la (fig. 37 que, aun prescindiendo de que son menores los gastos de

acion, se necesita menor esfuerzo para sostener el empuje de las
ras adoptando la (fig. 37) para la seccion, que adoptando la
36); pues hay que sostener mucha ménos cantidad de ellas.

Si hubiéramos supuesto que el radio medio era mayor que 4,5,
dos resoluciones que se obtendrían serían imaginarias; lo cual
advertía el que habíamos hecho un supuesto imposible ó con-
rio á la cuestion. En efecto, si hubiéramos supuesto que el radio
lio era 5 pies, su cuadrado era 25, y su óctuplo 200, que siendo
yor que 162, resultaba debajo del radical una cantidad nega-
a, la cual no pudiendo representar ningun cuadrado, no se puede
aer de ella la raiz cuadrada: y nos advierte que es un absurdo
uponer posible la existencia de los datos espresados.

192 Aunque en esta obra no podemos descender á todos los
alles de construccion, no obstante tambien observarémos que hay
os en que, sin embargo de que deba permanecer el canal sub-
áneo, sea preferible el hacer toda la escavacion por la parte su-
ior y despues hacer la bóveda, y cubrir esta con tierra. De esto se
la un ejemplo en un corte que á unas dos leguas de París se ha
ho en una colina, para evitar un recodo de unas tres leguas en
io *Marne* y aprovechar de este modo una caida de agua en la
lidad de *Saint Maur* equivalente al esfuerzo de unos doscien-
caballos.

Aquí hemos supuesto que había alguna circunstancia particular
nos obligase á fijar de antemano el radio medio; pero cuando en
eral no la hay, lo que se debe practicar es descomponer la super-
e de la seccion en dos factores, que, dando el mismo producto,
cilien mejor todas las circunstancias. Aquí, en números enteros,
rían ser 6 y 27; 2 y 81; 9 y 18; 3 y 54; y en números que se
pusiesen de enteros y quebrados, se podrían obtener una inmensi-
de ellos, eligiendo arbitrariamente uno, como por ejemplo 8,5;
btendría el otro dividiendo 162 por 8,5; lo que daría 19,058; y
el hidráulico examinará cual es la resolucion que mas bien con-
a todas las circunstancias con la de poderse ejecutar con ménos
o. De todo lo cual se deduce que *son varias las ocasiones en*
podrá convenir que la seccion sea variable para poderse obtener
ménos gastos; pero en este caso se deberá tener presente que
do las circunstancias locales obliguen á construir un trozo mas an-
que otro, es necesario atender á los fenómenos de la contraccion.

CAPÍTULO IX.

Manifestacion de los métodos que se pueden emplear para
trar la superficie de la seccion de una corriente de agu
cantidad de líquido que pasa por ella en un tiempo dado.
tado de los últimos esperimentos hechos en Italia sobre es
ticular en los grandes rios; y consecuencias generales que
resultan comparados con las fórmulas establecidas.

193 Cuando el manantial, fuente, arroyo, rio &c. su
solo una cantidad de agua muy pequeña, lo mas simple y al
tiempo lo mas seguro para determinarla, es recibir el líquido
sijas cuya capacidad sea conocida, y averiguar cuántas de e
sijas se llenan en un tiempo determinado. En virtud de este
miento, se deduce luego el volúmen de agua en un minuto,
hora, en un dia &c. ó si se quiere determinar lo que se llama
ó el *peso* del agua, despues de hallado el volúmen, se deter
peso en virtud de lo espuesto (§ 241 de la Mec. Práct.).

194 Cuando es ya de alguna consideracion la cantidad
que se trata de medir, y que por lo mismo no hay vasijas de
suficiente para contenerla, entónces se ve si se puede dirigir á un
ó depósito, cuya capacidad sepamos; y averiguando en cuanto
le llena el agua en su totalidad ó hasta una parte conocida
calculada la cantidad de líquido que pasa en un tiempo deter

195 Mas si la cantidad de agua del manantial, fuen
arroyo &c. fuese tal que escediese á la que podria contener
vasijas ó depósitos que pueda uno proporcionarse, entónces
sola recurrir á otros procedimientos científicos, que el ingenio
bre ha descubierto, y que dan á conocer el triunfo de su sagac

196 Si la corriente se puede atajar con facilidad, y h
toda su agua vaya á salir como de un depósito por una
regular ó por una cascada &c., entónces se determina las
de líquido que sale, por las fórmulas de los capítulos anter
pues son la forma del desagüe. Pero si las circunstancias
impidiesen practicar este medio, ya por ser escesiva la cant
agua, como acontece en los rios caudalosos, ya por otras ca
es es absolutamente necesario recurrir á otros arbitrios.

197 Si todos los filetes fluidos caminasen con igual v
estion quedaba resuelta solo con determinar la seccion q

gua en direccion perpendicular á la corriente, y la velocidad con se mueve; pues en este caso, multiplicando la superficie de dicha ion por la velocidad en un segundo, se tendrá el volúmen de agua pasa en el mencionado tiempo. Mas como cada filete fluido de una iente de agua camina con velocidad diferente, segun hemos es- sado (§ 54 libro 2.° resultado 5.°), no quedan mas que dos ar- ios para conseguir el objeto de tan interesante, como difícil in- tigacion. El que reune la circunstancia de ser mas sencillo y al mo tiempo mas exacto, es el determinar la superficie de la sec- n, que ocupa el agua en la corriente, y la velocidad media; mul- ticar la una por la otra, y el producto de estas dos cantidades resentará la cantidad de agua, ó lo que tantas veces hemos re- do que se llama *el gasto*.

98 Para determinar la superficie que ocupa la seccion del agua la corriente, hay procedimientos geométricos, que pueden con- ir al verdadero resultado, con la aproximacion que se apetezca.

99 Mas, *para determinar la velocidad media*, ha sido pre- el concurso de los cálculos mas sublimes con los resultados es- mentales mas selectos; y por fortuna en el dia se tiene ya ven- la dificultad de un modo bastante satisfactorio: puesto que se ace ó á encontrar la velocidad en la superficie por el procedi- nto indicado (§§ 64 y 65 del libro 2°) y á determinar en virtud dicho conocimiento la velocidad media, por la fórmula (78), se- lo hemos verificado (§ 149) respecto del Jarama y del Guada- ó á determinar dicha velocidad media por la fórmula (93), ndo se conozca la gravedad, el declive, y el radio medio.

100 El otro arbitrio que nos queda es determinar directamente elocidad efectiva en diversas partes ó parages de la seccion que aproximen mucho entre sí, multiplicarla por la superficie de la ion del filete á que pueda corresponder la espresada velocidad; y ionando despues los resultados de todos los filetes, se obtiene la a total de la cantidad de agua en toda la corriente.

101 Las investigaciones, hechas sobre esta materia, dan á co- r del modo mas admirable hasta qué punto puede llegar la sa- dad humana, cuando es conducida por la antorcha luminosa de rincipios *físico-matemáticos*; puesto que este medio, aplicado á randes rios, ha servido y puede servir no solo para determinar ntidad de agua que llevan, sinó para comprobar el grado de itud á que puedan conducir las mencionadas fórmulas (78 y 93), análogas de los demas Autores. Como este punto es acaso

el de mayor importancia, puesto que en él estriba casi escl
mente el fundamento de todos los conocimientos del movimien
las aguas, que hemos comprendido bajo la denominacion de
á cielo descubierto, vamos á poner cuanto en nuestro conce
necesita saber acerca de tan importante materia, que compre
mos en las tres secciones siguientes.

1.ª *Procedimientos que yo empleé para encontrar la*
ficie de la seccion del Jarama el 31 *de julio de* 1819, *y d*
su cantidad de agua.

2.ª *Procedimientos que se han seguido en Italia, para de*
nar la cantidad de agua en los rios Po y Tiber, verificados
mismo tiempo que yo hice la operacion en el Jarama y Gua

3.ª *Consecuencias que se deducen de estas últimas me*
nes para examinar hasta qué punto son exactas las fórmu
Mr. Eytelwein, de Mr. Prony y la mia.

SECCION PRIMERA.

Procedimientos que yo empleé para encontrar la superficie
seccion del Jarama el 31 *de julio de* 1819 *y deducir su can*
de agua.

202 Yo llevaba una cuerda preparada, de modo que en
pie de distancia tenia fija una cintita, y aseguré la espresada
da bien tirante en dos estacas que se fijaron en las orillas de
de modo que la direccion de la corriente fuese perpendicular
cuerda, segun se ve en la línea *m n* (fig. 6): á la distancia
pie de la orilla, colocamos un jalon; y habiendo medido la dis
que habia entre el lecho y la superficie superior del agua, enc
mos 0,213 de pie español, habiendo ejecutado lo mismo á cad
de distancia; mas aquí solo pondrémos los resultados de tres e
pies para que la figura no resulte confusa, y fueron los siguien
la distancia de 3 pies, hallamos que la profundidad de agua
0,381 id; á la de 6 pies 1,75 id; á la de 9 pies 2,09 id;
de 12 pies 2,231 id; á la de 15 pies 2,256 id; á la de 18
1,728 id; á la de 21 pies 1,547 id; á la de 24 pies 1,
siendo de 27 pies el ancho total del rio en aquel parage.

203 C datos, se tomaron despues por abscisas la
tar rda, y por ordenadas las distancias
comprendida entre el lecho del
tud de lo espuesto (§ 231 II 1.

por puntos la curva que forma la seccion del lecho del rio, la representada en dicha figura 6. Despues se halló la superle la seccion que ocupa el agua por el procedimiento espuesto 8 esc. 4.º I T.E.), á saber: considerando los dos espacios estreomo triángulos rectilíneos, y todos los demas como trapecios; utando el cálculo *, hallé que la seccion del *Jarama* era de 3 pies cuadrados; y como la velocidad media encontrada (§ 149) por segundo, era de 3,874998 pies, resulta que multipli- 40,923 por 3,874998, se halla que en un segundo pasaban 76543 pies cúbicos de agua; en un minuto 9514,5926 pies s, y en una hora 570875,556; y como la unidad de medida, n Madrid se denomina *real de agua* suministra 11,167556 úbicos por hora, segun lo espuesto (pág. 496 del Mercurio de e de 1824), resulta que la cantidad de aguas que llevaba el a el dia 31 de julio de 1819, que fué cuando yo la medí, 51119 reales de agua, que es el mismo resultado inserto en . 603 del Mercurio de noviembre de 1824.

Por el mismo procedimiento determiné lo relativo al Gua- cuya seccion está representada (fig. 7), y al canal de Manza- en el segundo trozo, á la distancia de 450 pies de un recodo ay al bajar, y se inclina un poco hácia la izquierda, cuya está representada en la (fig. 8).

SECCION SEGUNDA.

dimientos que se han seguido en Italia para determinar la y cantidad de agua en los rios Po y Tiber, verificados l mismo tiempo que yo hice la operacion en el Jarama y Guadalix.

En la obra intitulada *Ricerche geometriche ed idrome- fatte nella scuola de gl' ingegneri pontifici d' acque e strade* 1820, impresa en Roma, se pone á la pág. 11 lo que sigue. *Relieve y esperimentos hechos en el Po grande por los Pro- y Alumnos de la escuela de Ferrara.*

Los esperimentos y cálculos que vamos á esponer se han ado:

* que calculé los trapecios y triángulos de pie en pie; y por para ejecutar la operacion con mas exactitud, cada uno de e se ven en la figura, los calculé por tres espacios interme- que la suposicion de ser rectilíneos les conviniese mejor.

n el objeto de presentar datos á propósito para cons-
total del agua del Po en un lugar determinado y á
conocida de la superficie del agua del rio.
efecto de poder presentar una exacta confrontacion en-
y la esperiencia, sobre el curso reglado en las madre
gran anchura.
n la idéa de poder adquirir por término de parangon
e esperimentos análogos dirigidos á procurar mayores
as que tenemos hasta el dia, sobre la relacion entre la
del agua del rio y la altura de las secciones.
Eleccion del sitio. Era preciso hallar un trecho de
que el agua corriese igualmente bajo cualquier altura
este modo no presentase irregularidad local, ni alter
nguna otra resistencia.
cos esperimentados, á quienes recurrimos, nos sugirieron
ion conveniente un trecho del rio situado por bajo de
oscuro y Francolino, que dista del primero 10,4 mill
del segundo 5,2 millas. Tiene á su derecha el dique
Fossa d' Alvero, y á su izquierda el *Froldo de Gar*
inaciones dadas á aquellos diques por la respectiva in
dos aldeas del mismo nombre.
Aparato de los instrumentos geodéticos é idrométric
n las operaciones. Los instrumentos geodéticos, de qu

introducia á plomo: estaba taladrado de agugeros pequeños, en s que se introducía una llave que pasando al través de la ma-ra, unía el recipiente al palo. Una de ellas tenía de largo 4,875 etros, que para entendernos la llamarémos *A*; la otra 2,51 me-os y la llamarémos *B*. Despues de varios esperimentos, hechos en rio, se notó que la mas corta se sumergía 2,30 metros, estando centro de gravedad bajo la superficie del agua 1,28 metros; y specto de la mas larga, el pedazo sumergido era de 4,695 me-os, y desde la superficie del agua hasta el centro de gravedad abia una distancia de 2,719 metros.

2.° »Un flotante sencillo para descubrir la velocidad de la cor-nte en la superficie. Era un pedazo cúbico de alerce, que tenía r lado 0,20 de metro, el cual puesto en el agua, salía sobre esta ,012 de metro.

209 »Hicimos uso tambien de otros instrumentos, ya para son-ar la profundidad del rio, ya para el cálculo de las secciones del que, ya finalmente para la medida de las líneas accesibles.

»Los primeros (de los que únicamente harémos mencion) fueron dos clases: 1.ª Una cuerda barnizada cuyo grueso era de 0,02 metro y de 20 metros de largo dividida segun la medida mé-ica, de la que pendía en un estremo una bola de fierro de 15,702 ilógramas. 2.ª Una vara de haya, dividida en partes métricas cons-uida de modo que pudiese manejarse cómodamente.

210 »*Prácticas observadas en la ejecucion de los relieves y los esperimentos.* Poco dirémos sobre el relieve de la planta y la nivelacion. La sola inspeccion de la (fig. 42 lám. 4.ª) ma-fiesta las diligencias practicadas en su elevacion. Para ejecutar la relacion de la altura inferior á *XV*, delineada en planta, se tuvo idado de partir de un punto fijo escogiendo el que se halló ménos jeto á sufrir alteracion.

»Pasemos ya á las secciones del rio. En primer lugar se fijó la altura interior del dique de la derecha una longitud de 100 etros (1), comenzando en el término inferior *V*, y midiendo por riba hasta *X*; desde este punto con dos *Mirones*, puestos sobre altura interior del dique izquierdo en *T* y en *U*, se colocaron dos uales *VT*, *XU* normales á la *XV*, sobre cuyas líneas habíamos

(1) Se ha fijado la longitud de 100 ᵐ, por lo que nos asegura el reciable *Bonnati*, á saber: que *en los trechos regulares el camino de cuerpos que flotan en el paso de* 60 *á* 100 *toesas, puede reputarse no paralelo á la orilla*; lo cual basta para el esperimento.

practicado las secciones del Po. No fué necesario hacer observacion alguna sobre las secciones del dique, pero no así respecto á las del agua. Las habíamos calculado, sirviéndonos de un batelito con dos hombres y de una barca con otras tres personas, incluso el que sondeaba. Los dos hombres, con el batelito, se dirigian á distancia de la ribera derecha y algun tanto mas arriba de la direccion de los dos *Mirones* que trazaban la línea de la seccion que había de formarse; aquí echaban un ancla, y alargaban la cuerda, que tenian los de la barca; estos tirando de la cuerda acercaban la barca al sitio del ancla, de modo que mirando fijamente á la barca, llegase á ponerse en la línea de dichos Mirones por medio de un observador en *X* ó en *V*. Conseguido esto, se ataba la cuerda á la barca, para tenerla firme; mientras tanto un observador diligente, desde el medio de la recta *XV*, señalaba el ángulo de la altura con la visual al blanco para tener su distancia, y un sondeador práctico media la profundidad correspondiente al sitio del mencionado punto. Despues de lo cual, llevado el batelito á otro punto mas distante de la orilla derecha, echábase otra ancla, y se alargaba del mismo modo la cuerda á los hombres de la barca; los cuales hacian, para el cálculo de la segunda profundidad, lo mismo que habían hecho ántes. Los del batelito se dirigían al instante á recuperar la primera ancla echada que se reservaba para sondear la tercera profundidad.

»En el plano se han anotado los sitios del sondéo con breves puntos que trazan la línea de las dos secciones *XUVT* y los números próximos á dichos sitios señalan la profundidad de la sonda, ó sea la altura de las perpendiculares.

»Réstanos hablar del órden observado en el uso de las astas ritrometricas, y de los nadadores ó flotantes.

»Amarrada el ancla á la barca en diferentes distancias de la ribera derecha, y siempre por encima de la línea *XU*, sumergía una en el rio ya el asta, ya los flotantes, dando aviso para que los otros estuviesen en observacion. Entre estos, un observador en *X* hacía señal de la llegada del asta ó del flotante á la visual *XU*, á fin de que otro en el medio del trozo *XV* con un relox de segundos notase el tiempo del arribo, y otro tercero con la escuadra determinase la situacion del asta ó del flotante respecto de la línea *XU*. Un cuarto observador en *V* avisaba de la llegada del asta ó flotante á la visual *VT*, donde el segundo y el tercero hiciesen el respectivo re ve o cálculo. De este modo, puede fijarse por el segundo observador tiempo empleado por el asta y el flotante en recorrer las líneas

inadas por disposicion del tercero. Otros dos observadores per-
ian en el batelito cerca de la línea *VT*; determinaban la in-
ion del asta con la vertical y recogían los instrumentos.
En el plano se han anotado los parages del paso de las astas
ntes con puntos oblicuos que marcan las líneas de las secciones
T; y los números puestos en estos puntos oblicuos señalan la
cia de estos parages de los términos *X,V* de dichas secciones.
1 » *Resultados.* El dia 11 de junio, al comenzar los esperi-
s: 1.° Del punto *a* hasta *V* trecho de 226,11 metros, el agua
en la superficie tenía un declive de 0,032 metros. 2.° No so-
viento sensible. 3.° En el idrómetro de Francolino el agua es-
2,33 metros bajo el nivel de la guardia, el cual se calculó in-
en 5,639 metros al sotarco de la puerta hácia el Po en la hos-
que hay allí.
2 » Los esperimentos que vamos á expresar se hicieron en
oras; en cuyo intérvalo de tiempo el agua del rio bajó 0,013
tro.
Esperimento 1.° » Desde la barca se echó el asta *A*, á dis-
del dique de la derecha. Corrió la línea *AB* en 85 segundos.
clinacion de su eje á la vertical se graduó en 25°.
per. 2.° » A mas distancia que la precedente se echó un flo-
corrió la línea *CD* en 75 segundos.
per. 3.° » Hácia el mismo sitio se sumergió el asta *A*; corrió
ea *EF* en 67 segundos con inclinacion de 14°.
per. 4.° » Mas distante, se echó primero el flotante que corrió
ea *GH* en 77 segundos.
per. 5.° » Despues el asta *A*, la cual corrió la línea *IL* en
gundos con ángulo de 4°.
per. 6.° » Mas distante de la orilla derecha se echó primero el
te, que corrió la línea *MN* en 81 segundos.
per. 7.° » En seguida el asta *A* empleó 89 segundos en cor-
línea *OP* con ángulo de 15°.
per. 8.° » Se echó aun mas léjos el flotante; y corrió la línea
n 88 segundos.
per. 9.° » Desde el mismo sitio se echó el asta *B*, que corrió
o segundos la línea *SR* en direccion vertical.
La misma asta se echó en la corriente en sitio de mayor profun-
Los que estaban en el batelito, para recogerla, no observa-
clinacion alguna ni hácia adelante ni hácia atras."
3 En la obra intitulada *Ricerche geometriche ed idrome-*

triche fatte nella scuola de gl'Ingegneri pontifici d' adque e stra de l'anno 1821, impresa en Milan año de 1822 pág. 52, se pon lo que sigue: "*Esperimentos para medir la cantidad de agua cor riente en el Tiber, hechos por Buenaventura Benetti ingenier pontificio, etc.*

»En 1820 se publicaron los esperimentos idrométricos hechos c el asta ritrométrica, donde el Po forma el confin septentrional de l provincia de Ferrara; y precisamente en los contornos de Fos d'Alvero, aldéa situada á la orilla derecha de aquel rio siete mill mas abajo de Lagoscuro.

»Iguales pruebas se han hecho en este año (1821) en el Tíb inmediato á Roma, en el intérvalo entre Ponte-Molle y la entra del rio en la ciudad. Procurarémos describirle de modo que se v por instantes el curso del esperimento para poder imitarle en ot ocasiones, deseando hacer familiar el uso de este método, que es l solutamente el mas espedito y el mas fácil que puede ponerse en e cucion en los rios grandes, y tal vez el único practicable en la m yor corriente de los rios caudalosos.

»Para esto, dividirémos esta relacion en tres partes. En la p mera espondrémos las indagaciones preliminares para la eleccion sitio y preparativos del esperimento. En la segunda se describir método con que se practicó. Y en la tercera el que se ha seguido p rá calcular los resultados.

»El señor Inspector Luis Gozzi, que en muchas ocasiones, y gularmente en compañía del célebre caballero Bonnati, estaba a tumbrado al manejo de las astas ritrométricas, cuidó de preparar dirigir el esperimento, al cual, ademas de los profesores y alum de la escuela, asistió y cooperó con mucho celo el señor Pedro F tuna, ingeniero aspirante agregado á los trabajos del Tíber.

214 »I. *Indagaciones preliminares.* Señalado un trozo del ri mas recto y regular que podía discernirse con la vista, ántes de solver hacer aquí el esperimento del asta, se consideró necesario correr con la barquilla muchas veces aquel trozo, siguiendo la l paralela á la orilla, y sondeando repetidas veces para asegurarse si la profundidad en lo largo de aquella línea era uniforme, si el ta podía caminar sin encontrar estorbo, y la longitud que para e debía tener. Es claro que en cada una de las perpendiculares, se emplear el asta mas larga posible y que se acerque al fondo t que se pueda, sin que haya peligro de que se detenga en su p algun estorbo que resulte en dicho fondo. La longitud conveniente

que ha de emplearse en cada perpendicular, no es posible que termine bien sin esta investigacion preliminar del fondo del rio trozo elegido para el esperimento.

15 »Escogida en esta forma una parte del Tíber, cuya longi-era de 60 metros, se levantaron las secciones del rio en los es-os del trozo designado. La seccion superior á flor de agua tenía ncho 70,39 metros; la inferior 77,64 metros, como se manifiesta l diseño (fig. 43 lám. 4.ª).

»El ancho de estas secciones era tal que se podía levantar del o ordinario, esto es, con atravesar el rio con un cordel bien ti-e, y dividido con señales en partes métricas, y sondear el fondo cada division.

»Las astas ritrométricas se hicieron de varios trozos cilíndricos lamo, del diámetro de 0,04 de metro, que podían unirse y des-se; y así, con pocos pedazos, variamente combinados, se compo-en el momento las astas mas ó ménos largas segun era menester. rtificio con que se unen dos piezas se manifiesta en la (fig. 44) (1).

»Al trozo que forma la estremidad inferior del asta se halla unido ilindro de lata (fig. 45) (2) donde se introducen pesos cilíndri-de plomo, cuantos sean necesarios para hacer que el asta quede sumergida del todo, no debiendo salir fuera del agua mas que pequeña parte de dos ó tres decímetros cuando mas.

»El pedazo que forma la estremidad superior, que sobresale del a, tiene encima una ancla pequeña (fig. 46) (3) formada de cua-ganchos de fierro, para que, al llegar el asta á la seccion infe-, se enganche en la cuerda y se detenga en ella.

»Preparadas así las astas, y barnizadas para que no embeban el a, restaba solamente determinar el peso que debían tener, segun liferente longitud, para quedar casi del todo sumergidas. Este peso raduó en el mismo rio dejando caer poco á poco cada una de las s hasta obtener el grado suficiente de inmersion. Para que no se pease durante esta operacion, se sostenían con una cuerda floja.

16 »II. *Esperimento.* Preparado así todo, se dió principio al rimento el 19 de junio de 1821, en cuyo dia estaba la superfi-del agua 1,17 metros mas baja que el piso de la última grada

---

abcd vareta de fierro rodeada al asta ó baston cilíndrico de madera tubo de lata unido al baston cilíndrico de madera *ED*. *r* gancho de destinado á abrazar la vareta *abcd*.

) *FG* recipiente cilíndrico de lata capaz de contener pesos de plomo *s'*,*s'''*, y un tarugo de madera para el hueco que resulte.

) *IN* ancla para unirla al pedazo superior del asta.

del *Passo Portto de Ripetta* en línea á la fábrica *Doganale* (1); pero la superficie del agua en la mayor menguante venia á ser superior en solo 0,73 de metro. Observada esta señal al principio, y cotejada al fin del esperimento, dió á conocer que miéntras este duró no hubo en el rio variacion alguna. El dia estaba sereno, y no reinaba viento alguno.

» Se empezó estendiendo una cuerda muy tirante, y dividida con señales métricas de trecho en trecho sobre la seccion superior, y otra semejante sobre la seccion inferior. La primera estaba colocada á cierta altura sobre la superficie del agua para que por debajo pudiesen pasar libremente las astas que se deben sumergir en el rio un poco mas arriba, á fin de que lleguen á la primera seccion, despues de haber adquirido ya un movimiento igual, y tomado una inclinacion constante. Por el contrario, la segunda estaba tirada casi á flor del agua para que el asta, al llegar allí, se detuviese por medio de los ganchos, tanto para cogerla mas fácilmente, como para determinar el punto preciso de su llegada á la seccion inferior.

217 » Para este esperimento hay bastante con tres operarios. El primero, puesto en la barquilla cinco ó seis metros mas arriba de la primera seccion, se le encarga echar el asta al agua, y advertir el punto de su paso por la primera seccion, refiriéndose á las señales divisiones de la cuerda estirada sobre aquella, cuida de sumergir el asta poco á poco, introduciéndola oblicuamente en el agua, dejándola quedando abandonada á sí misma, se endereza, toma una posicion constante y llega á la seccion con movimiento progresivo y uniforme. El segundo, puesto en la barquilla poco mas abajo de la seccion inferior, pasa á recobrar el asta detenida en la cuerda, y señala al mismo tiempo el punto de su llegada á dicha seccion. Finalmente el tercero, puesto á la orilla, observa con un relox de segundos el tiempo que ha gastado el asta en correr los 60 metros, intérvalo de una seccion á otra. Y esta operacion parece que puede hacerse cómodamente por un solo observador, que colocándose en frente de la primera seccion para esperar que pase el asta, tiene despues tiempo de correrla y ponerse en frente de la segunda seccion para esperar que llegue á ella.

» Todas las astas caminaron ó verticales, ó algun tanto inclinadas hácia adelante, y casi corrieron líneas paralelas á la orilla, como puede verse en el diseño (fig. 43) donde están señaladas con

(1) El plano de la espresada última grada está sobre el nivel del mediterráneo en aguas bajas 7,66 metros.

sos intérvalos las líneas *Aa*, *Bb*, *Cc* &c. recorridas por cada de las astas *.

18. »Para evitar confusion en el diseño no se ha señalado la ndidad del agua en cada uno de los puntos del paso de las as- por las dos secciones.

Aquella fue como sigue:

Seccion superior.		Seccion inferior.	
A.	2,24	*a*.	2,90
B.	3,00	*b*.	3,14
C.	3,26	*c*.	3,09
D.	3,32	*d*.	3,04
E.	3,34	*e*.	2,95
F.	3,56	*f*.	3,00
G.	3,68	*g*.	3,45
H.	4,36	*h*.	4,43
I.	4,84	*i*.	4,14
L.	4,80	*l*.	4,06
O.	4,82	*o*.	4,04
P.	4,92	*p*.	4,04

erimento I. Un asta, cuya longitud era de 1,71 metros, su centro de gravedad distante del estremo inferior 0,645 de o, corrió la línea *Aa* en 108 minutos segundos.

——Un asta de 2,21 metros, con el centro de gravedad distante 0,69 de metro del estremo inferior, corrió *Bb* en 78″.

——Otra semejante corrió *Cc* en 57″.

——Otra semejante corrió *Dd* en 59″.

——Otra semejante corrió *Ee* en 55″.

——Otra semejante corrió *Ff* en 50″.

——Un asta de 3,21 metros, con el centro de gravedad distante 0,93 de metro del estremo inferior, corrió *Gg* en 54″.

——Otra semejante corrió *Hh* en 51″.

——Un asta de 4,21 metros, con el centro de gravedad á

* Las letras de la figura del Autor no están conformes con la esplica- pues pone *A′*, *B′*, *C′*, donde la esplicacion habla de *a*, *b*, *c*, &c. Nos- hemos enmendado la figura para que corresponda con la esplicacion.

1,185 de metro de la estremidad inferior, corrió *Ii* en 54″.

X ——— Otra semejante corrió *Ll* en 54″.

XI ——— Otra semejante corrió *Oo* en 61″.

XII ——— Otra semejante corrió *Pp* en 71″.

XIII ——— Con el objeto de examinar si la velocidad del agua en una misma perpendicular se disminuía progresivamente descendiendo hácia el fondo, como se ha observado tan constantemente, y como había de ello indicio, al ver que el asta caminaba un poco inclinada hácia adelante, se echó hácia el filete del rio entre los puntos *H* é *I* un asta de solo un metro de longitud y corrió el intérvalo entre las dos secciones en 45″.

XIV ——— Echado al agua un corcho en el mismo lugar corrió el propio intérvalo en 44″.

» Por último, se examinó la inclinacion de la superficie del agua con el nivel de aire y se halló era su caida de 0,032 de metro en la distancia de 245 metros.

219 » III. *Cálculos y resultados del esperimento.*

» Puesto que las astas caminaron derechas, con poquísima separacion de su perpendicular, se infiere que sin temor de equivocarse la velocidad de cada una de las astas puede tenerse por la velocidad media del agua en la perpendicular que abraza la misma asta.

» Y el medio aritmético entre la velocidad de dos astas que corren dos perpendiculares inmediatas entre sí, puede tenerse por la velocidad media del agua en el trapecio que termina en aquellas dos perpendiculares.

» En cuanto á los dos triángulos comprendidos entre la perpendicular última y la orilla, la velocidad media en cada uno de estos triángulos se podrá hacer cuenta que sea la misma que la de las perpendiculares contiguas *.

220 » Segun estos principios se ordenó el cálculo como se ve en el adjunto *Schema* (la tabla del § 223) procediendo del modo siguiente: supongamos dos líneas consecutivas *Aa*, *Bb* corridas por el asta. Siendo la profundidad en *A*, de 2,24 metros, y en *a* de 2,90 metros, como hemos advertido en las secciones y se ha espresado arriba, la profundidad comparada bajo la línea *Aa* será de

* Me parece que esta hipótesis no es de todo punto verdadera; y sería mucho mas exacto el resultado, si se considerase como velocidad media de los triángulos estremos, la que correspondiese al centro de gravedad de dichos triángulos.

ino medio aritmético entre las en *A* y en *a*, que equivale á 2,57 os. De la misma manera, siendo la profundidad en *B*=3,00 y =3,14, será la profundidad media bajo la línea *Bb*=3,07. De e resulta que la profundidad media del fondo, entre las líneas y *Bb* será el término medio aritmético entre la profundidad en y *Bb*, á saber 2,82. Ademas, siendo el intérvalo *AB*=4,08, intérvalo *ab*=5,35 (V. la fig. 43), será el ancho medio=4,715. iplicando este ancho medio por la profundidad media 2,82, émos 13,296 metros cuadrados para la seccion media com- dida entre las líneas *Aa* y *Bb*.

21 »Ahora pues, la velocidad en *Aa*, por el esperimento pri- es de 0,555 de metro en un segundo; y la velocidad en *Bb* l esperimento 2.° es de 0,769 de metro. De donde resulta la idad media del agua en el sólido, comprendido entre *Aa* y *Bb*, ,662 de metro. Multiplicando esta velocidad por la seccion a, que es 13,296 metros cuadrados, tendrémos 8,802 metros os para la porcion de agua que lleva la seccion espresada, ó ara la cantidad de agua que pasa en un segundo entre las lí- *Aa* y *Bb* *.

22 »Igual cálculo se hace respecto de cada una de las partes rendidas entre dos líneas consecutivas, y se estiende tambien á artes estremas que terminan en la orilla, como se ve en el *na* ó tabla del párrafo siguiente; y la suma de las secciones as parciales de la seccion media del rio en el trozo examinado, omo la suma de las cantidades de agua parciales de la suma del agua que lleva el rio en el mismo parage.

»De aquí se infiere que la seccion media del Tíber, en el dia rage del esperimento era de 218,779 metros cuadrados, y que ntidad de agua que pasaba en cada segundo era 244,0554 os cúbicos.

»Dividiendo la masa total del agua por el área de la seccion, tiene la velocidad media de la corriente del Tíber en el dia y r espresados, y resulta que corre en un segundo 1,115 metros" **.

Este método de determinar la cantidad de agua que pasa por estos ios trapeciales lo encuentro sumamente ingenioso y el mas exacto segun el estado actual de los conocimientos hidráulicos, se puede inar respecto de los rios caudalosos.

Son varias las erratas de imprenta ó equivocaciones que hemos no- en este cálculo; y así, este resultado no corresponde á los datos. l (§ 254 y siguientes), rectificarémos los errores que hemos adver- y pondrémos el verdadero resultado.

223 »*Resultados de los esperimentos del 19 de junio d 1821, á tiempo que el rio Tíber señalaba 1,17 metros bajo l línea de la última grada del Passo-Porto de Ripetta en línea d la fábrica Doganale* *.

Lineas que corrieron las astas.	Sondéos comparados. Para cada una de las líneas corridas.	Sondéos comparados. Entre dos líneas consecutivas.	Distancia media entre dos líneas consecutivas.	Producto de los números señalados en las columnas 3 y 4.	Velocidad de las astas por 1'' á lo largo de las respectivas líneas.	Velocidad media entre dos líneas consecutivas.	Producto de los números de las columnas 5 y 7.
1	2	3	4	5	6	7	8
	m.	m.	m.	m. cuad.s.		m.	m. c.
Contacto del agua con la orilla.	0,00				0,000		
Aa.	2,57	1,285	6,16	7,916	0,555	0,555	4,393
Bb.	3,07	2,82	4,715	13,296	0,769	0,662	8,802
Cc.	3,09	3,08	5,49	16,909	1,052	0,910	15,387
Dd.	3,18	3,135	3,445	10,800	1,016	1,034	11,167
Ee.	3,145	3,162	8,72	27,573	1,090	1,053	29,034
Ff.	3,28	3,212	7,38	23,705	1,200	1,145	27,142
Gg.	3,565	3,422	7,045	24,108	1,111	1,155	27,841
Hh.	4,395	3,98	10,155	40,417	1,176	1,143	46,196
Ii.	4,49	4,442	2,93	13,015	1,111	1,143	14,876
Ll.	4,43	4,46	1,37	6,110	1,111	1,111	6,789
Oo.	4,43	4,43	5,98	26,491	0,983	1,047	27,736
Pp.	4,48	4,455	2,135	9,511	0,845	0,914	8,693
Contacto del agua con la orilla.	0,00	2,24	8,45	18,928	0,845	0,845	15,994
		Seccion media m. cuad.s. . 218,779					
						Volúmen total del rio en 1'' metros cúbicos.	244,065

SECCION TERCERA.

Consecuencias que se deducen de las últimas mediciones de l seccion, cantidad de agua y velocidad de esta en los rios d Italia, y exámen del grado de exactitud que tienen las fo mulas de Mr. Eytelwein, Prony y la mia, deducida tomand términos medios entre las cantidades constantes, que entran e las de MMrs. Eytelwein y Prony, y teniendo en consideraci la fuerza de la gravedad.

224 Para establecer con algun fundamento sólido las cons

* Repetimos que son varias las equivocaciones que hemos notado e esta tabla á que llaman *Schema* los Autores. En el (§ 254 y siguientes) rectificarémos todas las que hemos advertido.

ıencias que se deben deducir, principiarémos insertando la traduc-
on literal del siguiente escrito, que se halla en la pág. 12 de la
ra que últimamente hemos citado (§ 213) bajo el título de *Ricer-
he* &c. que dice así:

" *Nueva fórmula hidrométrica del Sr. Eytelwein confirmada
on varios esperimentos hechos en Italia y aumentada con una ta-
la para facilitar su uso.*

» *Cuando el agua pasa de la quietud al movimiento, ya salga
l depósito de las mismas fuentes, ya provenga del derretimien-
de las nieves ó ya de otra manera, adquiere en su descenso por
s álveos de los rios, que son algun tanto planos, ó cuando mas
clinados horizontalmente, algun grado de velocidad; pero bien
onto queda esta reducida á la igualdad, á causa de la resistencia
e encuentra el agua en su movimiento.* Así dice Guglielmini, en
capítulo 4.° de su Tratado de la naturaleza de los rios. *Y de que
o acontezca verdaderamente en los rios,* añade *Eustaquio Man-
edi* en sus anotaciones al mismo lugar, *nos da la esperiencia bien
anifiesto indicio, mostrando que en las secciones igualmente an-
ıas, aunque en sitios que disten bastante entre sí, se halla casi
misma altura viva del agua; por lo cual en los trechos mas re-
ulares, aunque bastante largos, se observa la superficie paralela
casi paralela al fondo, aunque inclinado al horizonte: así, aun-
e á las secciones mas angostas vayan sucediendo alternativa-
nte otras un poco mas anchas, en breve espacio se mantiene
obstante el dicho paralelismo.....el cual muestra una igualdad
nsible de velocidad media.*

225 » Este estado de igualdad y de permanencia es tan frecuen-
que en los rios de álveo poco irregular, casi puede asegurarse que
verifica en todos los puntos, esceptuando los muy inmediatos ó al
rigen ó á las desembocaduras, ó al encuentro de obstáculos que oca-
onan rebosaduras; y fuera del tiempo de la creciente, y menguante
la avenida, en cualquier otro lugar y tiempo, el curso de un rio
ermanece sensiblemente igual.

226 » De aquí es que los hidráulicos se han dedicado principal-
ente á estudiar este estado ordinario de los rios, y han procurado
scubrir cual sea el grado de velocidad igual que compete á un rio
ue corre por una madre de figura determinada y declive. Adverti-
s de que para la solucion de este problema, la teoría no presenta
xilio suficiente, se han determinado á buscarla en la esperiencia;
idiendo la velocidad media en varias corrientes de diferente seccion

y declive; á fin de componer por este medio una fórmula á propósito para presentar los resultados de los esperimentos hechos, y descubrir por esta via indirecta las leyes de la resistencia que retienen y reducen á la igualdad la corriente del agua. Del mismo modo, los Astrónomos conocieron en un principio los movimientos de los planetas por medio de tablas redactadas de la serie de repetidas observaciones, de las cuales tomó despues Keplero la figura de sus órbitas y Newton la ley de la fuerza que en ellas los retiene.

227 »*Dubuat* fué el primero, que, despues de haber hecho muchos esperimentos con canales pequeños artificiales y alguna observacion sobre un canal de desecacion y sobre el rio *Hayne*, compuso con mucho cuidado una fórmula hidrométrica (1). Despues el ingeniero *Girard* ideó una fórmula mucho mas sencilla (2). Y finalmente *Prony*, aprovechándose de las investigaciones de sus predecesores, adaptó la fórmula de *Girard*, pero determinó con mayor puntualidad los coeficientes. La fórmula de Prony (3) está formada en virtud de treinta y un esperimentos, y todos corresponden muy bien, aunque aquellos casi todos se hicieron en corrientes pequeñas de agua, y nos dejan duda si sus resultados podrán aplicarse con seguridad á las dilatadas secciones de los canales navegables y de los rios; pudiera suceder que en las grandes madres siga acaso la resistencia otra ley ó que, á lo ménos, varíen los coeficientes de la fórmula que la expresen. De aquí es que aun se deseaba, para mayor ilustracion de este importante y principal problema de la ciencia hidráulica, una *serie de observaciones bien practicadas sobre trechos mas regulares y uniformes de varias corrientes, donde se anotasen con exactitud las dimensiones del álveo, su declive y la velocidad media* (4).

228 »El *Sr. Eytelwein* satisfizo en esta parte y completamente, el deséo de los amantes de la hidrometría, reuniendo las esperiencias hechas en grande por los ingenieros Alemanes *Brüning*, *Funk* y *Wolttman* en el Rin de Alemania, en el Weser y en varios canales. Y reuniendo á ellas las de *Dubuat*, formó una serie de noventa y un esperimentos, que como era de desear comprende realmente gran diversidad de accidentes. Puesto que hay pequeñísi

(1) *Dubuat*: Principios de Hidráulica, part. 1.ª, secc. 1. cap. 7.
(2) *Girard*: Ensayo sobre el movimiento de las aguas corrientes. París 1804. Informe sobre el proyecto del canal de l'Ourcq. París 1803.
(3) *Prony*: Investigaciones sobre la teoría de las aguas corrientes § 16
(4) *Venturoli*: Elementos de Mecánica y de Hidráulica, tom. 2.º art. 322

secciones de 0,015 de metro cuadrado, y hay otras grandísi- hasta de 2600 metros cuadrados; miéntras que, en los esperi- tos adoptados por *Prony*, el ancho de la seccion no escede de metros cuadrados. Los declives varían muchísimo, siendo el me- de $\frac{3}{10000}$, y el mayor de $\frac{1}{100}$. Lo mismo sucede con la velocidad lia, pues la menor es de 0,12 de metro en un segundo, y la yor llega hasta 2,4 metros. De este abundante aparato de espe- entos ha deducido una fórmula nueva, ó por mejor decir, ha roducido la misma de *Girard* y de *Prony* pero con coeficientes un tanto diversos.

229 »La fórmula corresponde con mucha exactitud á las ob- aciones segun se verá en el plano adjunto á esta memoria *. Y aquí parece que ahora se puede con mayor probabilidad tener verdadera aquella ley de la resistencia que supuso *Coulomb*, y se presenta en la fórmula de *Girard*, á saber: que la resis- ia que encuentran las aguas corrientes tiene dos términos, uno porcional al cuadrado de la velocidad, y otro á la velocidad sim- ; y que está en razon inversa del *radio medio*, ó de la superfi- de la seccion dividida por el perímetro bañado por el agua.

230 »La memoria del *Sr. Eytelwein* se halla entre las de Real Academia de Berlin, años 1814 y 1815, parte matemá- pág. 135 y siguientes. Como este libro no puede tenerse á no fácilmente, se ha pensado dar noticia á los alumnos de la uela y á los ingenieros italianos, presentando aquí la nueva mula hidrométrica y la serie de los esperimentos de que se ha lucido, acompañando otros de igual naturaleza hechos en Italia, calculando una tabla por la cual, dada la seccion y el declive de madre del agua, se halla á primera vista la velocidad media, que sea necesario calcularla por la fórmula.

231 »*Fórmula de Eytelwein.* Sea D el radio medio, esto es, área de la seccion dividida por aquella parte de su contorno que manece bañada del agua; sea cos. φ. el coseno de la inclinacion álveo á la vertical; el cual coseno se halla dividiendo la caida, ó la altura del punto superior sobre el inferior, por la longitud del o intermedio entre estos dos puntos; sea g la gravedad, que se igna con el doble del espacio que corre un grave cayendo en el cio durante un segundo; y sea finalmente u la velocidad media. tendrá

* Es la tabla que insertarémos (§ 244).

(O) $u=+0{,}00338375g+\sqrt{(0{,}000011\,45g^2+278{,}899Dg\ \text{co}}$
esta es la fórmula de Eytelwein.

»Tomando por unidad de medida lineal el metro, será $g=9{,}8$
metros y se tendrá la fórmula

(P) $u=-0{,}03319+\sqrt{(0{,}0011+2735{,}66D\cos.\ \varphi)}$; de la cu
hará uso cuando se mida por metros, y resultará ciertamente e
tros la velocidad, ó sea el número de metros que el agua co
un segundo.

232 »Para conocer por la fórmula de Eytelwein cual
medida y la ley de la resistencia, que encuentra el agua, corr
por el declive de los álveos, observarémos que llamando gR es
sistencia, luego que el movimiento se ha reducido á la igu
deberá ser $gR=g\times\cos.\ \varphi$, ó sea $R=\cos.\ \varphi$. Pero la fórmula ó
ecuacion (O) puede ponerse bajo esta otra forma

(o) $0{,}00717\dfrac{u^2}{2gD}+0{,}000024\dfrac{u}{D}=\cos.\ \varphi$. Luego segun la pr
fórmula será $R=0{,}00717\dfrac{u^2}{2gD}+0{,}000024\dfrac{u}{D}$.

»Tiene pues la espresion de la resistencia dos términos: un
porcional con el cuadrado de la velocidad, ó sea con la altura
bida á la misma velocidad, y el otro proporcional con la simp
locidad; ambos términos son proporcionales inversamente al
medio D, siendo el coeficiente del primer término 0,00717 y
ficiente del segundo 0,000024.

233 «*Esperimentos que comprueban la fórmula de Eyt*
Los esperimentos con que *Eytelwein* calculó los coeficientes
fórmula, se han repetido por varios observadores en diversas c
tes, y la velocidad media se ha esplorado con diferentes ar
Citarémos los lugares de los Autores en que pueden verse sus
dos y resultados.

«Los de *Dubuat* (1) son treinta y seis. Veinte y seis en
nal artificial, seis en un canal de desecacion llamado *Canal d*
y cuatro en el rio Hayne en agua baja. La mayor seccion no
ba de 29 metros cuadrados

(1) *Dubuat*: Principios de hidráulica, part. 2.ª, secc. 1.ª cap. 5

»Los cuatro esperimentos de Wolttmann, (1) se hicieron en algunos canales cerca de Cuxhave y Ritzebüttel.

»Los de Funk (2) se hicieron en el rio Weser en el principado de Minden y son 35. Aquí las secciones son bastante mayores y llegaron á mas de 600 metros cuadrados.

»Pero los esperimentos mas en grande son los 16 de Brünings (3) en el Rhin de Alemania, en el Waal, y en el Issel, donde tenían una seccion de casi 2600 metros cuadrados.

»De modo que, los esperimentos de que ha hecho uso *Eytelwein* son en todo 91.

234 »Conviene aumentar esta serie con añadir progresivamente otras medidas hidrométricas que se irán haciendo; porque, por comparaciones multiplidadas y variadas cuanto mas se pueda, ó conseguirémos siempre mayor certeza de las fórmulas, ó tendrémos datos para corregirlas donde se hallen escepciones notables. Miéntras tanto, podemos aumentarlas con algunos esperimentos hechos recientemente en Italia.

235 »I. En primer lugar, tenemos tres exactísimos, hechos en el año de 1819 por el Profesor *Jorge Bidone*, en los canales de establecimiento hidráulico de la Real Universidad de Turin (4). El autor que los confrontó con la fórmula de Eytelwein, los halló exactísimos.

»II. Espondrémos en segundo lugar las pruebas que se han hecho en grande en los rios de Italia. El caballero *Teodoro Bonnati*, antiguo inspector de aguas y calzadas, de feliz memoria, ha examinado con astas ritrométricas la medida del agua del Po en tres diferentes estados, en menguante, en mediana agua, y en creciente. Estos esperimentos se describen en una Memoria inédita hasta ahora, y que se cree verá la luz pública entre las del Instituto, y de la cual vamos á presentar un estracto.

236 »En 19 de diciembre de 1811 se designó una seccion del Po en menguante poco mas abajo de Lagoscuro. El nivel del agua se hallaba mas bajo que el punto de la guardia 3,83 metros. La seccion tenía de ancho por arriba 606,26 metros; la profundidad del agua en el filete de mayor velocidad era de 3,42 metros, pero

(1) *Wolttmann*: Beiträge zur Baukunst Schiftbärer kanale, § 279.
(2) *Funk*: Beiträge zur allgemeinen Wasserbaukunst. § 97—100.
V. Allgemeine Wasserbaukunst. von Wiebeking. I theil § 344—388.
(4) *Bidone*: Esperimentos sobre el remolino y sobre la propagacion de las ondas. Part. 1.ª, art. VII. Memorias de la Real Academia de Turin, tomo XXV.

ad comparada con la de las cinco perpendiculares, re-
7 metros. El área de la seccion fué de 1617,4079 me
los; el perímetro bañado de cerca de 612,09 metros, y
adio medio D=2,64.

:o mas arriba de cada una de las cinco perpendiculare
un asta ritrométrica, y se observó el tiempo que em
correr un trozo de longitud medida, que en este esper
e 80,96 metros, de donde era fácil deducir la velocida
Las astas casi llegaban al fondo, pues su estremo in
staba de aquel mas que 0,40 de metro, ó cerca d
iinaban paralelas á la orilla casi verticalmente; por l
o dudarse que su velocidad representaba próximamen
media del agua en las respectivas perpendiculares. Ob
relocidad de cada una de las astas, se procedía al ca
nasa total del agua, de este modo: en cada trapecio, co
re una y otra perpendicular, se consideró que la velo
uese un término medio aritmético entre la velocidad d
las dos perpendiculares últimas; y multiplicando esta v
el área del trapecio, venía á conocerse la cantidad
asaba por aquel trapecio en un segundo. En cuanto á l
los estremos, terminados en una sola perpendicular,
que la velocidad media era la misma que la de la p
contígua *. Y sumando entre sí la masa total de agua

agua de toda la seccion, se tuvieron 1693,12 metros cúbicos. vidiendo esta masa por el área de la seccion, da la velocidad media 736 de metro.

239 »Finalmente, en lo mayor de una gran avenida que en Lascuro sobrepujó en 1,837 metros al nivel de la guardia, permaiendo 0,676 de metro mas baja que la señal de la avenida mar, se quiso medir el agua del Po con el asta ritrométrica, único edio de poderse intentar en aquel estado del rio. Esto fué el dia 1 de junio de 1815.

»Se midió una seccion del Po frente de Francolino, y se halló área de 3734,5601 metros cuadrados, * y el perímetro bañado 527,20 metros; de aquí el radio medio $D=7,08$. La profundidad mparada era de 7,32 metros; mas la profundidad máxima en el ete de en medio llegaba á 11,97 metros. Observada la velocidad l asta en seis perpendiculares, se calculó la masa de agua de la seccn, y fué de 4739,62 metros cúbicos. Dividiendo este número por área de la seccion, resulta la velocidad media de 1,269 metros.

240 »Para poder confrontar estas tres medidas con la fórmula Eytelwein, es necesario conocer el declive que tiene el Po en el treo sujeto al esperimento. Este dato nos le suministra el Caballero onnati. Desde Lagoscuro á Francolino, dice, hay 1360 perchas bonesas; el agua del Po en su superficie tenía el declive de tres pulgas y dos tercias por milla, en todo 10 pulgadas y un punto. De aquí tiene $\cos.\phi=0,0000611$ **.

»Pero si esta determinacion del declive puede convenir á los dos imeros esperimentos en los cuales estaba el Po casi en su estado orario, no puede convenir del mismo modo al tercero en que estaba creciente. De Lagoscuro por bajo el nivel del agua en la creciente l Po comienza á comprimirse sensiblemente hácia el nivel bajo del ua, y tendrémos (1) que desde Lagoscuro á la Cloaca de Racano, cho de 3910 perchas, el nivel del agua alto se acerca al bajo 17 gadas y 7 puntos; y esta inclinacion es mayor de Racano abajo. ora pues, si en 3910 perchas, el nivel del agua se acerca al bajo pulgadas y 7 puntos, en 1360 perchas que hay de Lagoscuro á

Esta es la seccion mayor de cuantos esperimentos se han practicado a ahora.

Por desgracia esta determinacion no se puede considerar sinó como oximada. El declive del rio debe tomarse en la época del esperimento; s de otro modo está sujeto á graves errores. Sin embargo, esto puede rir para formar una idea del grado de confianza de las fórmulas.

(1) *Manfredi*: Diálogos entre Jorge Maurelio, &c. Coleccion de las as de Florencia, tom. 6, pág. 207.

se bajará 6 pulgadas y 2 puntos. Luego la caida del niv
ıa de Lagoscuro á Francolino de ningun modo podrá se
adas y 1 punto, sinó de 16 pulgadas y 3 puntos, y
epresenta el declive de la superficie, en vez de 0,0000611
ménos 0,0000996 *.

arémos pues para los dos primeros esperimentos de Bo
0,0000611, y para el tercero cos. ¢=0,0000996;
por la fórmula de Eytelwein, hallarémos para la veloc
, del Po bajo, del Po mediano, y del Po alto, los val
es 0,632; 0,758; 1,356 no muy distante de la velocida
te observada 0,687; 0,736; 1,269.

III. Comparemos ahora con la fórmula de *Eytelwe*
nto hecho el año pasado por los Profesores y Alumn
escuela de Ferrara (1) sobre el mismo Po en Fossa d'A
mas bajo que Francolino 1360 perchas. El dia 11
320, hallándose el Po mas que mediano, puesto que
3 mas bajo que el punto de la guardia, se levantaron d
stantes entre sí el intérvalo de 100 metros. La secci
cha sobre el nivel del agua era de 394,10 metros; co
área de 2011,18 metros cuadrados; el perímetro bañ
ıerse de 405 metros. En la seccion inferior cuyo ancho
a era de 400,26 metros, el área se halló ser de 1787,
lrados, y el perímetro bañado 409 metros. De aquí

drados; su contorno bañado por el agua fué de 76,72 m
donde el radio medio D=2,852 *. Buscada con esquisito
inclinacion de la superficie del agua, se halló caer 0,032 n
la longitud de 245 metros; y da aquí cos.ϕ=0,0001306.
datos la fórmula de *Eytelwein* da la velocidad media 0,97
tro. Por otra parte la suma total del agua de la seccion,
por el movimiento de las astas, presentó 244,0554 metros
manifiesta en la Relacion; y dividiéndola por la seccion me
velocidad media efectiva =1,115 metros **.

«Aquí la velocidad observada excede á la velocidad cal
cerca de un doce por ciento. Mas esta diferencia se quiere
defecto de la observacion, que no puede evitarse del todo
mide con las astas ritrométricas; las que, no pudiendo hacer
gas que lleguen hasta el fondo, dejan fuera aquella parte de
donde es mas tardía la velocidad, por estar cerca los imp
Ahora, la velocidad del asta no representa justamente la
media de la perpendicular, sinó mas bien una velocidad a
que la media. Despues de esto, la suma total del agua y
dad media de la seccion entera, calculada segun el esperim
be salir mayor que lo que es realmente. El esceso debe ser
grande cuanto es mayor el decremento de la velocidad en
inmediatas al fondo, y este decremento, en el caso nuestro
tante notable, como se manifiesta por varios esperimentos
tunamente se han hecho para pruebas y que pueden verse e
lacion tantas veces citada."

244 Despues siguen manifestando la formacion de la
ra facilitar el uso de la fórmula de *Eytelwein*, que nosotr
mos, por ser inútil para nuestro objeto; y terminarémos po
siguiente tabla ó *prospecto*, como espresan dichos Autores
se ha citado, y añadiendo la última columna en la que po
resultados que ha obtenido *Mr. Prony* para los mismos ex
tos, y que nosotros estraemos de la tabla 2.ª de su *Colecci*

* Este resultado está conforme con los datos del Autor, pue
do 218,779 por 76,72 resulta con efecto para el radio medio 2,
como el dato 218,779 no es exacto, se deberá tener en consid
que esponemos (§ 256 y siguientes).

** V. (§§ 258 y 260) la que resulta despues de hechas toda
recciones.

Ademas, el cociente de dividir 244,0554 metros cúbicos p
metros cuadrados que sacan dichos Autores para la seccion med
1,1155 metros para la velocidad media, que aproximándola p
general de añadir al último guarismo una unidad cuando el prim
desprecia es 5 ó mayor que 5, deberíamos poner 1,116 mas bien

Sigue la tabla ante

Observadores.	N.º	Seccion en *metros cuadrados.*	Perímetro en *metros.*
Funk.....	51	304,3721	114,85
Brünings.	52	1540,0777	514,32
	53	447,2527	169,45
	54	1884,2322	369,03
	55	690,9670	186,71
	56	283,1025	99,16
Funk.....	57	221,2631	136,19
	58	336,6704	117,05
Brünings.	59	473,6428	227,19
	60	1115,4731	313,49
	61	1243,6816	240,06
	62	2601,7860	524,05
Funk.....	63	364,3406	119,71
	64	730,1583	180,43
	65	388,5643	121,13
	66	491,4659	199,58
Brünings.	67	708,0025	186,08
Funk.....	68	265,5747	141,84
	69	185,8137	116,42
	70	416,2345	122,05
	71	217,3735	105,53
	72	627,5521	201,74
	73	474,4307	128,88
	74	296,0022	145,60
	75	494,4794	130,07
	76	250,1641	110,61

nuestra atencion son los hechos en Italia, y justamente el 92, el que entre ellos ocupa el primer lugar, tiene en la columna cabeza se pone *Divario*, el número 0,008, que es precisa- la diferencia que resulta de restar de la velocidad observada la velocidad calculada 1,358, casi me llegué á persuadir de

que los números de dicha columna debían espresar sencillamente diferencia entre la velocidad observada y la calculada; pero habien encontrado muy pocos que sean exactos ó se aproximen como el 0,00 del esperimento 94, que solo le falta una milésima y se podía atr buir al modo de efectuar la aproximacion, me fué indispensable re tificar todos los datos, haciéndome cargo de que dicha inexactitu puede atribuirse á tres causas: 1.ª á que esté equivocada la veloc dad que se dice observada; 2.ª á que esté equivocada la velocid que se espresa ser la calculada; y 3.ª á que estando bien la veloc dad calculada y la observada, se haya cometido equivocacion al en contrar la diferencia. Tambien llegué á recelar que, en lo general d la espresada tabla ó prospecto, pudiese provenir esta inexactitud d que en la tabla V.ª de la Memoria de *Eytelwein* se espresan los r sultados de los esperimentos de *Dubuat* en pulgadas de París, los d *Brünings* en pies del Rhin y los de *Wolttmann* en pies de Hambu go, y que no se haya hecho la competente reduccion, ó que se hay hecho mal; pero como en los esperimentos desde el 92 en adelan no se puede atribuir á esta causa, porque estos cálculos no los h hecho *Eytelwein*, sinó los Autores italianos, solo me faltaba exam nar las tres causas mencionadas.

246 Por esta razon, investigué si los resultados que se inserta en el prospecto (§ 244) van conformes con los de la esposicion ó na racion; y no hallé mas diferencia sinó que en el esperimento 98, seccion en el cuerpo de la obra se dice que es 1899,16, y en el pro pecto se pone 1899,14; lo cual no influye en el resultado.

247 Pasé despues á examinar si la equivocacion estaría en ha ber cometido algun descuido al calcular las velocidades por la fórmu la de *Eytelwein*; y me propuse encontrarlas directamente. Pero co el objeto de asegurarme todavía mas, traté de examinar si la fórmu la de *Eytelwein* que ponían los Autores italianos estaba conform con la inserta en la Memoria traducida del aleman por *Mr. le Jeune Dirichlet* impresa en París en 1826, teniendo en consideracion que *Mr. Eytelwein* señala por *g* el espacio que corre un cuerpo en el primer segundo de su caida, que es la mitad de lo que los Autores italianos, Prony, yo, y como se acostumbra en todos los tratados de Mecánica, llamamos fuerza de la gravedad y señalamos por *g*; y hallé que la fórmula *O* (§ 231) es exacta. Y suponiendo despues á *g* el valor de 9,8088 metros, que es la gravedad que se supone corres ponder á París, pues *Mr. Eytelwein* procede en el concepto equivo cado, segun nuestro modo de ver, de no influir la variacion de la

uerza de la gravedad, resulta en efecto que la fórmula (*P*) del mismo párrafo es tambien exacta.

248 Previo este convencimiento, hemos calculado por ella la velocidad media correspondiente á los esperimentos hechos en Italia insertos en dicha tabla ó prospecto, desde el 92 inclusive en adelante; y hemos obtenido 1,351 metros para la velocidad calculada por dicha fórmula de *Eytelwein* en el esperimento 92. Los Autores italianos ponen 1,358; luego estos ponen 7 milésimas de mas. De donde resulta que el 0,008 que ponen en la columna última no es la diferencia entre la velocidad observada y la calculada por la fórmula de *Eytelwein*, pues segun nuestro resultado, que parece no dejar duda de que es exacto, en atencion á que lo hemos hecho tres personas diferentes, debería ser 0,015.

En el esperimento 93, sacamos nosotros 1,565; ellos sacan 1,566; por lo que solo tenémos una milésima de diferencia, que no es de consideracion.

Para el esperimento 94 nosotros sacamos 1,693; y los Autores italianos sacan 1,690.

En los esperimentos 95, 96, 97, 98 y 99 sacamos exactamente por la fórmula (*P*) de *Mr. Eytelwein* los mismos resultados que los espresados Autores italianos. Por lo cual debíamos inferir que era otra la causa de la discordancia de los números de dicha columna que tiene por cabeza *Divario*. Y despues de varias tentativas y reflexiones, hemos venido á descubrir que los números, contenidos en dicha columna, espresan por lo general, *la diferencia relativa de la velocidad observada y la calculada, comparándola con la observada*; es decir, que *dichos números espresan el cociente que resulta de dividir la diferencia que se obtiene, restando de la velocidad observada, la calculada, por la velocidad observada*. En efecto, comprobamos desde luego este aserto con algunos resultados; pero no verificándose respecto de otros, nos tomamos la molestia de hacer la verificacion de todos; y encontramos que es exacta esta interpretacion que le damos en 59 esperimentos, y deja de serlo en 40, que son los siguientes: el 2, 3, 5, 9, 12, 16, 18, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 28, 30, 34, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 59, 60, 65, 67, 68, 80, 81, 83, 90 y 92.

Los valores negativos resultan cuando la velocidad calculada es mayor que la observada, y solo hemos hallado equivocacion en el esperimento 5, en el que, siendo la velocidad observada mayor que la calculada, atendiendo á la ley general, su diferencia debería ser po-

sitiva y el Autor la designa como negativa. Y en el esperimento f la velocidad calculada es mayor que la observada; por lo que deberí ser negativa la diferencia, y el Autor la pone positiva, lo cual pa rece no dejar duda de ser un error material de imprenta el hab puesto el signo negativo una línea mas alto.

249 Encontrado ya el significado de los números de dicha co lumna, aunque con tantas inexactitudes, el deséo natural de todo e que emprende una investigacion, es el ver si los resultados van con formes con la esperiencia; por lo que yo traté de calcular dichos re sultados por mi fórmula ((91) § 165); pero entre una riqueza tal d esperimentos, solo hallé el 99 que tuviese los datos necesarios.

En efecto, de todo cuanto hemos examinado relativo á tan im portante materia, este es el único esperimento en que hemos visto s han tomado las precauciones convenientes al acierto; pues aunque s ha procedido tambien en el supuesto equivocado de no influir la va riacion de la fuerza de la gravedad, sin embargo, se hacen todas l indicaciones para poderla determinar por mi método (§ 5). Efectiva mente, por la nota del párrafo 216 consta que la última grada d *Passo-Porto de Ripetta* se halla 7,66 metros mas alta que el n vel del mar en aguas bajas; y como la superficie del agua en el in tante del esperimento estaba 1,17 metros mas baja que el piso d dicha última grada, resulta que la superficie del agua en el parage dia del esperimento, se hallaba 6,49 metros (23 pies españoles) m alta que la superficie del mar en aguas bajas.

250 El parage del esperimento se halla bastante bien determ nado; pues se dice (§ 213) que es "inmediato á Roma en el intérv lo entre Ponte-Molle y la entrada del rio en la ciudad." Y como e el *Conocimiento de tiempos* se halla que la latitud de Roma, tom da respecto del Colegio Romano, es 41° 53′ y 54″; y de la compa racion de varios mapas topográficos, resulta que el parage del esp rimento debe hallarse como 1′ y 6″ mas al norte que dicho Colegi Romano, se infiere que podrémos fijar con una aproximacion bas tante racional, que la latitud del parage del esperimeuto es 41° y 55 norte. Con este dato y la altura sobre el nivel del mar que es 6,49 metros (23 pies españoles), cualquiera podrá calcular la fuerza de la gravedad que corresponde á dicho punto, en virtud de lo espuesto (§ 5) y hallará, como nosotros lo hemos hecho, que dicha fuerza es allí 35,1118 pies españoles ó 9,7834 metros.

Consta por el (§ 216) que, durante el esperimento, el dia estaba sereno, no reinaba viento alguno, y que en el rio no hubo variacion

nsible; ademas, por el esperimento XIII (§ 218) se examinó la ve-
cidad á poca distancia de la superficie; y por el XIV, la velocidad
la misma superficie; y que por último se determinó la inclinacion
endiente ó declive de la superficie del agua en el parage del esperi-
ento. Por consiguiente se reunen casi todas las circunstancias que
emos espresado en los últimos párrafos del libro 2.º deben tenerse en
onsideracion al practicar estos esperimentos; puesto que solo faltaba
spresar cual era la temperatura.

251 Teniendo pues en este esperimento cuantos datos se necesi-
n para aplicarle mi fórmula ((91) § 165), lo ejecuté inmediata-
ente, sustituyendo en ella por g, el valor 35,1118 pies españoles
llado para la fuerza de la gravedad en el parage del esperimento
gun acabamos de espresar; por R el valor 10,2355 pies españo-
s á que equivalen los 2,852 metros que ponen dichos Autores Ita-
nos en su prospecto como valor del radio medio, y por I la pen-
ente, inclinacion ó declive que dichos Autores espresan por
0001306; y ejecutando el cálculo, hallé por la espresada fórmula
91) § 165) que la velocidad media era de 3,7152 pies españoles
r segundo, que equivalen á 1,035 metros. La observada, segun
espresados Autores, es 1,115; por lo cual resulta que la que
mi fórmula contiene 0,080 de ménos; lo cual equivale muy pró-
mamente ó un error de $\frac{1}{14}$; lo que no es de mucha consideracion,
es viene á ser un 7 por 100 del resultado de la esperiencia.

La fórmula ((P) § 231) de *Mr. Eytelwein* da, segun el cálcu-
de dichos Autores, que va conforme exactamente con el nuestro,
977 de metro para la espresada velocidad media; y siendo la ob-
vada 1,115 metros, resulta que la fórmula de *Mr. Eytelwein* da
138 de ménos; lo cual equivale á cerca de $\frac{1}{8}$ de la velocidad ob-
vada, y viene á ser un 12 por 100 del resultado de la observa-
n, que es un error casi duplo del que da mi fórmula.

252 Nosotros hemos añadido al prospecto de los Autores Ita-
nos la última columna en que se hallan los resultados de *Mr.*
ony, segun este Sabio la inserta en la última columna de la ta-
2.ª de su *Coleccion de cinco tablas* &c. Pero como *Mr. Prony*
ha calculado ninguno de estos esperimentos de Italia, deseando
investigar cual de las fórmulas da mayor aproximacion, traté de
lcular el citado esperimento 99 por la fórmula

$=-0,0718523+\sqrt{0,00516275+3232,96\times R\times I}$ inserta en el
ableau número 3 de su obra intitulada *Recherches Phisico-Ma-*

s &c. de la cual viene á ser un estracto la *Coleccion*
tablas &c.

yendo en esta fórmula 2,852 en vez de *R*, y 0,00013
V, resulta 1,028 para la velocidad media; y como la
1,115, se ve que á la de *Mr. Prony* le faltan 0,0
elocidad observada; lo cual viene á ser $\frac{7}{15}$ del res
esperiencia, y equivale á $7\frac{2}{5}$ por 100 de la veloci

Todo lo dicho hasta aquí me obliga á creer que mi f
que da el valor mas aproximado á la esperiencia. Si
e únicamente el hacer alarde de mi trabajo, acaso
minado aquí mis investigaciones, pues que mi amor p
quedar lisongeado, al ver que en el único esperime
haberse verificado con arreglo á todos los principios c
mi fórmula es la mas exacta; pero como yo no te
que promover el bien general, aclarando un punto
ortancia y que tan grandes dificultades presenta, en
arme con esta estéril satisfaccion, me ha estimulado
examinar con mayor detenimiento cuantas circunstan
influir en este resultado. Por esta causa, voy á ent
el escrupuloso exámen de cuantos yerros de imprent
nes de cálculo he notado en el espresado esperimento,

la columna 4.ª debe ser el producto de 5,49 por 3,1225; lo ue da 17,143.

En todos los demas valores de la columna 2.ª, cuyos cálculos he- hos hecho, no se ha encontrado mas equivocacion.

255 En la columna 3.ª, que tambien hemos verificado, solo hay a equivocacion ya citada, á saber: que el tercer valor 3,08 debe er 3,175.

En la columna 4.ª rectificada tambien, hemos obtenido, que el 8.º alor á saber; 10,155 no es exacto; pues debiendo ser el término edio entre los valores de *GH* y *gh*, que son 10,22 y 10,07, su rmino medio debe ser 10,145. De donde resulta que el número 0,417 que se pone en la columna 5.ª como producto de 3,98 por 0,155, debe ser 40,377, producto de 3,98 por 10,145.

En la misma columna 4.ª el último valor 8,45 no es exacto; nes debe ser 8,5, término medio entre 10,37 y 6,63. Y multipli- ndo esta cantidad por 2,24, valor correspondiente de la columna 3.ª, sulta 19,040 y no 18,928 que se pone en la columna. 5.ª

256 Todos los valores de la columna 5.ª estan exactos con re- ion á los datos que pone el Autor, pues hemos verificado estos oductos; pero la suma que ponen, con arreglo á sus datos, está ivocada, pues debe ser 238,779; y como ponen 218,779, re- lta que esta suma tiene 20 unidades ménos de lo que corresponde.

257 Despues de haber hecho los cálculos relativos á las co- mnas 6.ª, 7.ª y 8.ª hemos advertido que el Autor pone todos los sultados de dichas columnas aproximados por defecto; lo cual debe iginar en la columna 8.ª errores ya de consideracion. Por esta usa, nos hemos tomado el trabajo de calcular directamente los va- es de las tres espresadas columnas 6.ª, 7.ª y 8.ª, limitándonos á s guarismos decimales, como hacen dichos Autores; pero tomando último guarismo aproximadamente segun se acostumbra omitiendo cuarto si no llega á 5, y añadiendo en vez de él, una unidad al cero, si el cuarto guarismo decimal fuese 5 ó mayor que 5, y el ultado de todos nuestros cálculos se halla en la adjunta

en que se presentan rectificadas las columnas 5.ª, *y* 8.ª del *Schema* ó tabla (§ 223).

5.ª	6.ª	7.ª	8.ª
	0,000		
7,916		0,556	4,4013
	0,556		
13,296		0,663	8,8152
	0,769		
17,143		0,911	15,6173
	1,053		
10,800		1,035	11,1780
	1,017		
27,573		1,054	29,0619
	1,091		
23,705		1,146	27,1659
	1,200		
24,108		1,156	27,8688
	1,111		
40,377		1,144	46,1913
	1,176		
13,015		1,144	14,8892
	1,111		
6,110		1,111	6,7882
	1,111		
26,491		1,048	27,7626
	0,984		
9,511		0,915	8,7026
	0,845		
19,040		0,845	16,0888
	0,845		
239,085.			244,5311.

8 Dividiendo la suma de la columna 8.ª que es 24

ue la una hace dudar del verdadero resultado que dá la espe-
, y la otra hace incierto el resultado de las formulas.
ı que hace dudoso el resultado de la esperiencia es la que
indicado (nota del § 219) á saber: que al calcular la can-
de agua de las secciones triangulares estremas, los Autores
os han tomado por velocidad media la que corresponde al lado
l del triángulo; y como es un hecho que nadie duda, el que
cidad va disminuyendo, á proporcion que el agua se aproxima
rilla, resulta que dichos Autores notoriamente han tomado un
para dicha velocidad que excede al verdadero; y deseando no-
presentar bajo todos aspectos el resultado á que puede dar orí-
e esperimento, por ser entre los 99, el único en que se ha-
dos los datos necesarios, hemos juzgado indispensable modi-
con arreglo á esta circunstancia. En lo que no hay duda, es
la velocidad correspondiente á cada seccion triangular; es
que la que toman dichos Autores; pero en lo que puede haber
umbre es en determinar cuanto menor debe ser. Mas aten-
á todas las leyes generales, que obran en esta circunstancia,
que nos acercarémos mas á la verdad, tomando por velocidad
no la velocidad máxima, que es la del lado vertical del trián-
inó la que corresponde al filete que pasa por su centro de gra-
y en esta hipótesis vamos á entablar nuestro cálculo. En efecto,
ıncia media de lo que distan de la orilla los puntos A,a, es
y como el centro de gravedad dista de la base del triángulo
ra parte, se tendrá que distará 2,05 del punto A; y por lo
nosotros lo representamos por k (fig. 43); y suponiendo que
inucion de la velocidad, aproximándose á la orilla, guarde la
ley que en lo demas de la seccion del rio, resultará que pues
idad en correr Aa, es 0,555, y la velocidad con que se corre
s 0,769 cuya diferencia es 0,214, tendrémos que como esta
ia corresponde á una distancia AB de 4,08 metros, para en-
la diminucion que haya sufrido la velocidad en el centro de
d k del triángulo, suponiendo la misma ley en el decremento,
ıs formar aproximadamente la siguiente proporcion
08 (distancia horizontal entre los puntos A y B) : 0,214
cia entre la velocidad en correr la Bb y la Aa) :: 2,05 (dis-
ıorizontal entre el centro de gravedad del triángulo, que se
en el punto k de la línea PBA): al cuarto término, que
ser 0,108, este es el decremento que corresponde á la
d, para la distancia kA; y restando esta cantidad de

la velocidad 0,555 con que se corre la *Aa*, se tendrá 0,447.

Luego tenemos que la cantidad de agua que puede pasar por la seccion triangular correspondiente al estremo *A*, caminará con una velocidad media de 0,447 de metro. El triángulo, que se forma en la orilla próxima al punto *A*, tiene en efecto por superficie media 7,916 metros cuadrados; por consiguiente, multiplicando esta cantidad por 0,447, velocidad que hemos hallado para el centro de gravedad, se tendrá 3,5385 metros cúbicos. El Autor pone 4,393; luego pone de mas 0,8549 de metro cúbico; por lo que deberiamos restar esta cantidad de la suma de la columna de su *Schema*. Pero como lo que ahora nos proponemos es rectificar todo el esperimento, atendiendo á cuantas inexactitudes hemos notado, deberémos comparar este número 3,5385 con el 4,4013, que es el valor rectificado que ponemos en dicha columna (§ 257). Restando pues el 3,5385 del 4,4013, obtenemos 0,9628 de metro cúbico de mas; cuya cantidad la deberémos tener en consideracion para restarla de la suma de dicha columna 8.ª

260 Pasemos ahora á considerar lo que resulta por el triángulo que se forma en la orilla próxima al punto *P*; y tendrémos que sumando los valores 6,63 y 10,37 que representan (fig. 43) las distancias de *P* y *p* á la orilla, nos resultará 17,00 cuya mitad es 8,5 y representará el ancho medio de la seccion triangular correspondiente á esta orilla.

La profundidad en *P* es 4,92; la en *p* es 4,04; su suma es 8,96 y su mitad 4,48, que representará la velocidad media de la espresada seccion triangular; y como para encontrar la superficie del triángulo, se multiplica la base, que debe ser el ancho medio, por la mitad de la profundidad media, que es la altura del triángulo, deberémos multiplicar 8,5 por la mitad de 4,48, que es en efecto 2,24 que se ponen en la columna 3.ª Practicando pues la multiplicacion de 8,5 por 2,24, resulta 19,040; y como en la columna 3.ª del *Schema* se ponen 18,928, resultan de ménos 0,112 de metro cuadrado, que se deberán tener presentes. Este error produciria en la columna 8.ª del *Schema* otro que tambien se debería tener en consideracion; pero en la columna 5.ª ya corregida por nosotros, no tenemos que alterar nada; pues se halla en ella el mismo número 19,040 ície de dicho triángulo; pero en vez de 0,845, velocidad de la base del tri la velocidad que corresponde á su

Para determinar esta velocidad, observarémos que la velocidad dia en la línea *Pp* es 0,845; y la que ahora debemos averiguar la velocidad media que corresponde al centro de gravedad del ángulo que debe hallarse á la tercera parte de la distancia media re las de *P* y *p* á la orilla, esto es, al tercio de 8,5, que es 33 metros. Para encontrar el decremento de velocidad que le corponde, formarémos esta proporcion 2,54 metros (que es la discia *OP*) : 0,138 (diferencia de las velocidades con que se corren *Oo*, *Pp*) : : 2,833 (tércio del término medio entre las distancias *P* y *p* á su orilla) : al decremento de la velocidad que buscamos, esulta ser 0,1539. Por consiguiente, debemos restar esta cantidad la 0,845, y obtendrémos que la velocidad correspondiente al cende gravedad será 0,6911 de metro.

Multiplicando 19,040 que es la superficie de dicho triángulo, 0,6911, nos dará 13,1585. Y como en la columna 8.ª de nuestra la (§ 257) ponemos 16,0888, resulta que incluimos de mas 303; y reuniendo esta cantidad á la 0,9698 que resulta del otro ngulo, obtendrémos 3,8931 metros cúbicos de mas en nuestra a columna 8.ª Y como la suma de dicha columna 8.ª es 244,5311; estamos de ella la cantidad 3,8931, nos resultará 240,6380 ros cúbicos. Y dividiendo esta cantidad por la superficie de la ion, que es 239,085 suma de todos los números que se hallan la columna 5.ª, resultará para la velocidad media en este caso 06 metros.

261 La circunstancia que hace incierto el resultado de las tres nulas es la siguiente. El radio medio se halla dividiendo la sufície media de la seccion por el perímetro mojado. El perímetro jado ponen dichos Autores en el prospecto del (§ 243), que es 72 metros, y dividiendo por este número la seccion media que s ponen ser de 218,779, resulta en efecto por cociente para el io medio 2,852; pero como la superficie que ellos ponen no es la dadera con arreglo á sus mismos datos, y la que resulta confor- con estos es la 239,085, que nosotros hemos obtenido, despues hechas todas las correcciones que hemos notado, resulta que si el ímetro mojado es efectivamente 76,72, y los datos que nos han ducido á nuestras rectificaciones no son erróneos, el verdadero medio deberá ser el cociente de dividir 239,085 por 76,72 a ser 3,116.

Calculando la fórmula de *Mr. Eytelwein* ((*P*) §. 231) glo á este radio medio, se tiene 1,022.

Calculando con arreglo á este radio medio la fórmula de *Mr. Prony* (§ 252) se tiene 1,077.

Calculando mi fórmula ((91) § 165) con arreglo á este radio medio, resulta 1,083.

Donde vemos que, en este caso, la fórmula de *Mr. Eytelwein* es la que mas se aproxima, dando 0,016 de mas, lo cual equivale á $\frac{1}{65}$ del resultado; la de *Mr. Prony* de 0,071 de mas; lo cual equivale á $\frac{1}{14}$ de la dada por la esperiencia, que es un error cuatro veces y media mayor que el que dá la de *Mr. Eytelwein*; y finalmente la mia da 0,077 tambien demas; lo cual equivale á $\frac{1}{13}$ de la observada, que viene á ser cerca de cinco veces mayor que el que dá la fórmula de *Mr. Eytelwein*.

Luego de los tres diferentes resultados que hemos obtenido para este mismo esperimento, observamos que en el primero, mi fórmula es la mas exacta; en el segundo, la de *Mr. Prony*; y en el tercero, la de *Mr. Eytelwein*, lo cual prueba la poca discordancia de todas.

263 Hemos dicho (§ 251) que este esperimento reunía cuantas circunstancias son necesarias para comparar los resultados de la teoría con los de la esperiencia. En efecto, hemos visto con placer que sus Autores midieron tambien la velocidad en la superficie, pues que por el esperimento XIV resulta que habiendo echado un corcho entre *H* é *I*, corrió los 60 metros en 44″. Por lo que, dividiendo el espacio corrido 60 metros por estos 44″, resultará para la velocidad en la superficie 1,36364 metros. Y determinando, en virtud de esto, la velocidad media, por la fórmula ((76) § 149), nos resultará 1,1278, que tomando solo tres guarismos, y aproximando el último por esceso, como se acostumbra, será 1,128; y comparando con esto los resultados de las fórmulas de *Prony*, *Eytelwein* y la *mia*, que hemos comparado con la de los Autores italianos (§ 251), resulta que el valor 0,977 que da la de *Mr. Eytelwein* contiene de menos 0,151 de metro.

El valor 1,028 que da la de *Mr. Prony* (§ 252) contiene de menos 0,1 de metro.

Y el resultado 1,035 que hemos obtenido (§ 251) por mi fórmula, tiene de menos 0,093 de metro.

Donde vemos que mi fórmula es aquí tambien la que mas se aproxima.

264 Comparando con esta misma velocidad media los valores las mismas fórmulas de *Prony*, *Eytelwein* y la *mia*, despues de hechas todas las rectificaciones y enmiendas que hemos ad-

ertido en los cálculos del esperimento, resulta que la de *Mr. Eytel-*
ein da 1,022, que le faltan para este resultado medio que acaba-
os de obtener 0,106 de metro.

El resultado de la de *Mr. Prony*, que es 1,077, da de ménos
,051 de metro.

Y el resultado de la mia, que es 1,083 da de ménos 0,045
e metro.

Donde observamos que el resultado de mi fórmula es tambien en
te caso el que mas se aproxima.

265 He aquí el estado á que ha sido elevada está importante
ateria, por los esfuerzos reunidos de unos hombres infatigables y
losos, que no han perdonado molestia ni trabajo que pudiese con-
ibuir al bien de los demas. Ellos han consultado á la misma natu-
leza, la han seguido en sus procedimientos, la han forzado con sus
eraciones, la han sujetado á sus fórmulas, y por último han pues-
en el camino á los venideros, para que puedan llevar este asunto
mas alto grado de perfeccion.

Verdad es, que hemos tachado algunas cosas de *errores*, *des-*
idos, *inexactitudes*, &c.; pero estas locuciones, si bien se refle-
ona, son como espresiones abreviadas, que, en el lenguage de las
encias exactas, solo quieren decir que todavía falta algo para obte-
r aquel grado de rigor y precision que debe brillar en todo resulta-
, para que se pueda caracterizar con el sello de la evidencia, y
je completamente satisfecho nuestro entendimiento. Mas esto en na-
disminuye el mérito de unos sugetos tan recomendables, que con
sabiduría y constancia, han conseguido establecer una cierta cor-
spondencia entre la teoría y los hechos; pues las pequeñas diferen-
as que dejamos anotadas respecto del cálculo y de los esperimentos,
nque sería todavía de desear el que desapareciesen, no vienen á
fluir esencialmente en el todo de los resultados que se obtienen para
práctica: ántes al contrario, su corta disonancia ó diferencia for-
a el justo elogio del acierto con que han procedido en sus investi-
aciones. Por todo lo cual, estamos persuadidos de que llegará un
a en que acabando de perfeccionarse esta doctrina, se oigan con
tusiasmo los nombres de *Bossut*, *Dubuat*, *Brünings*, *Wolttmann*,
ank, *Girard*, *Prony*, *Eytelœin* y de todos los Autores italianos
hemos nombrado, y que las generaciones venideras les rendirán
buto de gracias y reconocimiento que se debe á los bienhechores
humanidad.

CAPÍTULO X.

Resolucion de las principales cuestiones que pueden ocurrir acerca del movimiento de las aguas por encañados ó tubos de conduccion y de los surtidores.

266 Hemos manifestado (§ 73 lib. 2.°) que la fórmula de que parte *Mr. Prony* para el movimiento del agua en los tubos, suponiendo que corre siempre á caño lleno, y que el tubo es de materia inflexible, ó que la carga de agua no le puede hacer variar de figura sensiblemente, es la ecuacion que en dicho párrafo hemos señalado con (5), y que tiene la forma siguiente, $\frac{1}{4}Dgj=AV+BV^2$ (126); la cual va conforme con los resultados de *Mr. Coulomb*, y podrá tomarse desde luego como consecuencia de estos, en vez de inferirse de la feliz combinacion que ha hecho *Mr. Prony* de los principios analíticos mas sublimes con los mas exactos resultados esperimentales.

Dividiendo por g, se obtiene $\frac{1}{4}Dj=\frac{A}{g}V+\frac{B}{g}V^2$ (127); haciendo ahora $\frac{A}{g}=a$ y $\frac{B}{g}=b$, resulta $\frac{1}{4}Dj=aV+bV^2$ (128); y en virtud de 51 esperimentos de los mas selectos, hechos separadamente por diferentes personas, sobre conductos que tenían desde 0,03 hasta 0,[illegible] de metro de diámetro, ó de 1 pulgada á 1 pie y 9 pulgadas españolas de diámetro, y desde 3 metros hasta cerca de 2300 metros de distancia, ó lo que es lo mismo, desde unos 10 pies hasta 82[illegible] pies españoles de longitud, determina los valores de a y de b, de modo que obtiene $a=0{,}0000173314$, $b=0{,}0003482590$; por lo que la ecuacion que él saca, para el movimiento del agua en los tubos de conduccion ó cañerías, es $\frac{1}{4}Dj=0{,}0000173314V+0{,}0003482590V^2$ (129). En la cual $\frac{1}{4}D$ es el radio medio del tubo; y j es la diferencia de nivel entre el punto de entrada del agua y el de la salida, dividida por la longitud de todo el tubo.

Ahora, como $\frac{A}{g}=a=0{,}0000173314$, y $\frac{B}{g}=b=0{,}0003482590$

resultará $A=0,0000173314\times g$; $B=0,0003482590\times g$; y co-
el valor que *Mr. Prony* atribuye á g, es 9,808795 metros *,
multiplicamos los segundos miembros de estas ecuaciones por dicho
or de g, nos resultará $A=0,00017$, $B=0,003416$.

Por lo que la (ec. 126) se nos convertirá en

$gj=0,00017\times V+0,003416\times V^2$ (130); en la cual se halla in-
rminada la fuerza de la gravedad g, y por lo mismo nos podrá

Ademas de todas las circunstancias, que ya hemos espresado en tan-
tan repetidos parages para demostrar la necesidad de atender á la
ıcion de la fuerza de la gravedad, debemos añadir que esta fuerza, de
usa *Mr. Prony*, no es la efectiva, sinó la que se tendría á la latitud de
s, en el vacío y al nivel del mar. Y para justificar la exactitud de
tro procedimiento, al determinar y hacer uso de la gravedad, de te-
en consideracion la latitud, la altura del parage sobre el nivel del mar
fuerza centrífuga, observarémos que la nota (*aa*) que pone *Mr. Navier*
pág. 87 del primer tomo de la nueva edicion de la *Arquitectura Hi-
lica* de *Belidor*, copiada á la letra, dice así:

En virtud de los resultados que se adoptaron para el establecimiento
uevo sistema de medidas, la altura de que los cuerpos pesados caerían
nte un segundo en el vacío, á la latitud de París y al nivel del mar,
actamente de 4,904398 metros, que viene á ser 15,0979 pies. La veloci-
que la pesantez comunica á los cuerpos en cada segundo de su caida,
e representa comunmente en los calculos por la letra g, siendo el do-
le esta altura, se tiene $g=9,808795$ metros.

Para conocer despues los valores que toma la cantidad g á diversas
ıdes, se tiene la fórmula $g=9,77980+0,05174$ sen.^2L, en la cual L
esa la latitud del lugar contada en grados decimales partiendo
ecuador.

En fin, si se quiere calcular la diminucion que sufre el valor de g
do uno se eleva á diferentes alturas sobre el nivel del mar, es necesa-
cordarse que esta diminucion se verifica en razon inversa de los cua-
os de las distancias al centro de la tierra. El valor medio del radio
estre es de 6366198 metros.

Los dos radios terrestres en el ecuador y en el pólo, son entre sí
o 336 : 335."

las adelante en la pág. 102 de la misma obra, pone *Mr. Navier* la no-
(*h*) que copiada á la letra, dice así:

Está reconocido, al presente, que la intensidad de la pesantez se mo-
a en los diferentes puntos de la tierra por dos circunstancias, que son
stancia mayor ó menor de estos puntos al centro del Globo, y el valor
or ó menor de la fuerza centrífuga que resulta de su movimiento de
cion, fuerza cuyo efecto es disminuir la accion de la pesantez (se ve-
a la nota siguiente lo que es la fuerza centrífuga). Estas dos causas se
ıen para producir en la pesantez, y por consiguiente en la longitud
péndulo que oscila los segundos, yendo del ecuador á los polos, un
ento proporcional al cuadrado del seno de la latitud; y sobre este re-
ıdo, y sobre la observacion de la longitud del péndulo hecha en el
rvatorio de París, están fundadas las fórmulas dadas en las notas (*aa*)
(*f*). La teoría de que estan deducidas, se encuentra en la Mecánica
ste Primera Parte Libro 3.°"

De todo lo cual se deduce que cuanto hemos dicho relativo al esmero

servir para cualquier parage del Globo, sustituyendo en ella en vez de g el valor que le corresponda por su situacion *físico-geográfica* *.

267 Si quisiéramos determinar el valor del declive ó diferencia de nivel, entre los puntos de entrada y salida del agua, despejaríamos la j en dicha ecuacion, y obtendríamos

$$j = \frac{0{,}00017 \times V + 0{,}003416 V^2}{\frac{1}{4} D g} \quad (131);$$

que, traducida en regla, se dice: que *para encontrar el declive entre el punto de entrada y salida del agua en un tubo, se multiplique el número* 0,00017 *por la velocidad media, que á esto se añada el producto de* 0,003416 *por el cuadrado de la misma velocidad media, y que se divida esta suma por el producto del radio medio del tubo, que es la cuarta parte del diámetro, por la fuerza de la gravedad.*

Ej. Si quisiéramos determinar el declive ó diferencia de nivel que se debería dar á un depósito para que en la Habana, por un tubo de 8 pulgadas de diámetro, corriese el agua con una velocidad media de 3 pies por segundo, como en la Habana la fuerza de la gravedad es 35,0184 pies; practicando la regla, multiplico 0,00017 por 3 y me da 0,00051; multiplicando 0,003416 por 9, cuadrado de 3, resulta 0,030744; y sumando estas dos cantidades, me tengo 0,031254; ahora, divido esta suma por el producto 24,5112 que proviene de multiplicar la fuerza de la gravedad en dicho parage por 0,7 próximamente de pie á que equivalen las 2 pulgadas, cuarta parte del diámetro 8; y obtengo por último 0,00525 de pie; ó suprimiendo el quinto guarismo 5 y añadiendo una unidad al cuarto, será 0,0053; y puesto en forma de quebrado, es $\frac{53}{10000} = \frac{1}{189}$; lo que nos dice que *en cada* 189 *pies, ha de haber* 1 *pie de desnivel.*

268 Si dado el radio medio del tubo, la fuerza de la gravedad y el declive, quisiéramos hallar la velocidad media, despejaríamos

con que se debe proceder, en la determinacion de la fuerza de la gravedad, va conforme con el dictámen de los Sabios mas eminentes, como podrá verse tambien en la Mecánica de *Mr. Poisson.*

* No juzgamos prudente el tomar aquí un término medio entre la fórmula y la de *Mr. Eytelwein;* porque la de este Sabio no la consideramos tan exacta como la de *Mr. Prony;* á causa de que *Mr. Eytelwein*, incurriendo en lo que exponemos (§ 536 de la 2.ª edicion del Tom. 2.º Part. 1.ª T. E.) relativo á dar mas estension de la que corresponde á los teoremas sobre el desarrollo de las funciones, para conseguir que su fórmula venga al mismo tiempo para el desagüe por orificios hechos en pared delgadas, introduce ademas otro término; con lo cual, por hacer esta fórmula para un caso respecto del cual no está sacada, resulta inexacta para todos los que ella debe comprender.

en la ecuacion anterior; y obtendríamos, despues de hechas las simplificaciones, y no poniendo la resolucion negativa, por inútil,

$$-0{,}024882904+\sqrt{0{,}0006191589+73{,}185011\,D\times g\times j}\ (132).$$

La cual nos suministra la siguiente regla: *para encontrar la cidad media, cuando es conocido el radio medio del tubo, el ve y la gravedad, se multiplicará el número* 73,185011 *por iámetro (que es cuádruplo del radio medio), por la fuerza de ravedad, y por el declive; á este producto se añadirá el ero* 0,0006191589, *y de esto se estraerá la raiz cuadrada; sta raiz se quitará el número* 0,024882904; *y se tendrá la cidad media.*

j. Supongamos que en Valencia se trate de averiguar la velo- d con que saldrá el agua por el estremo de un tubo de 5 pul- s de diámetro, cuya longitud sea de 300 pies españoles y la a de 6 pies, es decir, que la superficie del agua en el depósito alle 6 pies mas alta que la superficie del orificio de salida. Co- en dicho parage, la gravedad es 35,0978; y el declive se ha- lividiendo la carga 6 pies, por la longitud del tubo, que es , resulta que el valor de j es igual con $\frac{6}{300}=\frac{2}{100}=\frac{1}{50}$; y practi- o la regla tendré, que multiplicando el factor 73,185011 por 978, fuerza de la gravedad, obtengo 2568,6328791; multi- ahora este número por 0,42 de pie á que equivalen las 5 adas del diámetro y saco 1078,825809222; por último, mul- o este número por 0,02 de pie, á que equivale el $\frac{1}{50}$ del decli- y me resulta 21,5765161844; sumo ahora este número con actor 0,0006191589 y saco 21,5771353433; y estrayendo la cuadrada me da 4,6451195; restando de este número el fac- 0,0248829, tengo por último 4,6202366, cuyo valor nos dice *en cada segundo, pasarán* 4,6202366 *pies cúbicos de agua.*

69 Esta fórmula, segun advierte *Mr. Prony y Mr. Pouillet*, e deberá aplicar á tubos cuya longitud sea menor que diez ó pies, ó mas generalmente para cuando la longitud del tubo no a á ser lo ménos 138,5 veces el diámetro. Cuando la longi- del tubo sea menor que 138,5 veces su diámetro, será mejor rse de las fórmulas y procedimientos del capítulo tercero de este . Pero nada nos dicen estos Sabios acerca de los medios que se rán adoptar para el caso de tener el tubo menor longitud: de ma- , que dejaban este considerable hueco. Por esta causa, he pro- ado yo la tabla 2.ª del § 57, á fin de que tengamos siempre me-

dios para encontrar los resultados; pues de otro modo la ciencia q
daba imperfecta en esta parte.

Con el fin de examinar hasta qué punto es exacta la prolongaci
de dicha tabla, vamos á resolver ahora por la fórmula (132)
misma cuestion que hemos resuelto (§ 73), en que el tubo tenía
largo 30 pies, su diámetro era de 4 pulgadas y debia producir
Córdoba 500 pies cúbicos de agua en 10 minutos; y atendiend
la fuerza de la gravedad que, en el espresado parage, es 35,08
pies, y al fenómeno de la contraccion, obtuvimos, que la altura
depósito debería ser de 3,89206 pies longitudinales.

Es decir, que debemos proponernos ahora la siguiente cuest
Teniendo en Córdoba un conducto cilíndrico de 30 pies de l
go, y de 4 pulgadas de diámetro, con una carga de 3,89
pies, resulta que por la tabla de contraccion, se ha encontr
que en 10 minutos ha suministrado un gasto de 500 pies cúbi
Como en 10 minutos hay 600 segundos, quiere decir que en
segundo salió $\frac{5}{6}$ de pie cúbico de agua $=0,83333$ de pie cúbico. Y
mo el diámetro tenía 4 pulgadas$=\frac{1}{3}$ de pie, su superficie
$0,7854\times\frac{1}{9}=0,0873$ de pie cuadrado; y dividiendo el volúmen
agua por esta superficie, resulta 9,547 pies para la velocidad m
con que debe salir el agua.

Veamos ahora la velocidad media que nos da la fórmula (1
en la cual deberémos suponer $D=4$ pulgadas$=\frac{1}{3}$ de pie $=0,3333$
de pie; $g=35,0865$ pies; y $j=\frac{3,89206}{30}=0,129735$; y haciend
sustituciones en la (ec. 132), ó practicando la regla (§ 268) á
ella da lugar, resulta para la velocidad media $V=10,5123976$,
se diferencia de la que se obtiene atendiendo al fenómeno de la
traccion en cerca de un pie. Sería de la mayor importancia el
por esperimentos directos se llegase á determinar cual de estos pr
dimientos es el mas exacto; en el ínterin que esto se decide por
via de la esperiencia, parece que en virtud de lo que hasta el dí
sabe, es preferible el procedimiento de atender al fenómeno de
contraccion de la vena fluida.

270 Aunque podríamos despejar en la espresada ecuacion
diámetro, que es cuádruplo del radio medio, y la ecuacion
resultase debería verificarse entre el radio medio de un tubo, el
clive y la velocidad media, sin embargo, dicha ecuacion no po
servirnos para encontrar el radio medio del tubo, ó su diám

oniendo arbitrariamente ó á la casualidad el valor de j y el de V; lo cual introducirémos aquí tambien, análogamente á lo espues- (166), el gasto de agua en un segundo, suponiendo siempre *que novimiento ha llegado á la uniformidad, y que el agua corre el tubo á caño lleno.*

Si espresamos por Q el gasto ó cantidad de agua de cada sec- del tubo en la unidad de tiempo, tendrémos que, como la velo- d media se hallará dividiendo el gasto Q por la superficie del ulo interior, que es la seccion del tubo, se verificará que como la erficie de un círculo cuyo diámetro es D, es igual (§ 522 I.T.E.) $0{,}7853981634 \times D^2$, resultará

$$\frac{Q}{0{,}7853981634.D^2} = 1{,}27323954 5 \times \frac{Q}{D^2}.$$

Sustituyendo este valor en la (ec. 130) y ejecutando las opera- es, resulta $\frac{1}{4} Dgj = 0{,}0002164507 \times \frac{Q}{D^2} + 0{,}0055378106 \times \frac{Q^2}{D^4}$ (133); ual espresa la relacion entre el diámetro del tubo y su gasto, ido la longitud, el declive y la gravedad se hallan determinadas las condiciones particulares de la cuestion.

71 Multiplicando esta ecuacion por $4D^4$, resulta $D^5gj = 0{,}00086580289 \times Q \times D^2 + 0{,}02215124246 \times Q^2$ (134).

Aquí hay tambien una dificultad matemática que vencer; y es esta ecuacion es del *quinto* grado con relacion al diámetro, y en tado actual del Álgebra no se puede resolver en general. *Mr. Prony* ula con este objeto la tabla 3.ª de sus *Investigaciones* &c., que es de las *cinco* que se hallan en la *Coleccion* &c. publicada en 25; pero lo hace con relacion á la gravedad en París, que hemos nifestado (§ 29) no se puede suponer ni general para todo el bo, ni aun solo para la España. Tambien propone un medio de seguir esto con el auxilio de la tabla 2.ª de sus *Investigacio-* &c., que es la primera de su *Coleccion* &c.; pero como tambien i calculada para la gravedad de París, no puede servir en general. n cuando nosotros calculásemos para Madrid unas tablas análogas, se podrían adaptar á todos los puntos del territorio español; por que hemos escogitado otro método que espresarémos (§ 276), al lver esta cuestion por la fórmula de Madrid, que está á los al- ces de los que solo posean los conocimientos de mi Aritmética de ios, y es el que ya hemos empleado (§§ 130, 140, 141 y 142) en

os. Por lo cual, aconsejamos á los que necesiten hace
esta naturaleza, que en parages donde no se pueda supo
a gravedad que en Madrid, la determinen por las regla
anteriormente (§ 5); y que despues procedan por el tip
que harémos (§ 276) para resolver esta cuestion respect
lad de Madrid.

asemos ya á la trasformacion de las fórmulas del mov
agua en los tubos de conduccion á cañerías para la p
adrid, y demas parages que puedan reconocer á esta C
teniendo una posicion media.

l primer miembro de la ecuacion (130), sustituim
es españoles en vez de g, y le dividimos por 4, se conve
rimer miembro en $8,774Dj$; y dividiendo los númer
el segundo miembro por 8,774, se nos convertirá la e
acion en

$$0019375 43\times V+0,000389332 12\times V^2 \quad (135).$$

n en la cual se espresa la relacion que tiene, para la p
adrid, el diámetro del tubo, el declive y la velocidad
to de las aguas por encañados ó tubos de conduccion.

en ella despejamos la j, tendrémos

$$\frac{0193754 3\times V+0,000389332 12\times V^2}{\quad} \quad (136);$$ la cual

ando los cinco primeros guarismos solamente, será 0,00319, oniéndolo en forma de quebrado comun, se tiene $\frac{319}{100000}$; y simndo, dividiendo los dos términos por el numerador 319 para l numerador resulte la unidad, tengo por último $\frac{1}{313}$; lo cual decir, que en cada distancia de 313 pies, que haya de tener cañado, se ha de dar 1 pie de declive. De manera, que si la ud del encañado hubiese de ser 10000 pies, examinaríamos as veces estaba contenido el 313 en 10000; y como está con- cerca de 32 veces, deberíamos disponer la cañería, de modo uviese 32 pies de declive desde el depósito del agua hasta el e por donde hubiese de salir.

4 Si dado el diámetro de la cañería ó del tubo, y el declive, ramos hallar la velocidad con que saldría el agua, despeja- s la V en la (ec. 135), y tendríamos

$$0{,}0248829071 7+\sqrt{0{,}00062015907+2542{,}8161437.Dj}\ (137);$$

l traducida en regla, nos dice: que *para encontrar la velo-, se multiplicará el diámetro por el declive, y este producto verá á multiplicar por el número* 2542,8161437; *el pro- que resulte, se sumará con el número* 0,00062015907; *que ta suma se extraiga la raiz cuadrada; y por último, que de raiz, se reste el número* 0,0248829071 7; *y lo que resulte el valor de V ó de la velocidad media.*

Supongamos que se quiere hallar la velocidad con que cor- l agua por un tubo, cuyo diámetro sea de 6 pulgadas ó 0,5 de el declive de $\frac{1}{500}$, y obtendrémos 1,5699325 de pie.

5 Si en la (ec. 135) despejamos la D, se tendrá

$$D=\frac{0{,}0000193754 3\times V+0{,}00038933212\times V^2}{j}\ (138);$$ pero por

es análogas á las dadas (§ 270), no podemos tomar á arbitrio ocidad y el declive; y así, para encontrar el diámetro, es o sustituir en vez de la velocidad V, su valor $\frac{Q}{s}$, ó lo que es, encillo, valernos de la (ecuacion 134), preparándola para Ma- dividiendo los números constantes de su segundo miembro por or 35,0961 pies, que es el valor de la gravedad en esta Corte; cual se nos convertirá en

$$D^5j=0{,}00002466949\times Q\times D^2+0{,}00063115966\times Q^2\ (139).$$

cuacion siendo del *quinto grado* y teniendo unos coeficie
plicados, se resiste á cuantos métodos directos poséen l
s en el dia; y no queda mas arbitrio que emplear
que hemos hecho uso (§§ 129, 140, 141 y 142) para ve
ades análogas, sin suponer otros conocimientos que los
tica de Niños.

Para manifestar la manera de vencer esta dificultad, r
nos *hallar el diámetro interior que se debe dar á*
que puedan pasar por él 2000 *unidades de las que*
denominan real de agua, *con un declive de* $\frac{1}{1000}$, e
cada distancia de 1000 *pies, se dé* 1 *pie de desni*
o cual, observarémos que *un real de agua* (pág. 496
le octubre de 1824) suministra 11,167556 pies cúb
ra, por lo que teniendo la hora 3600 segundos, sumi
31021 de pie cúbico en un segundo; y como han de pa
estas unidades, resultará que el diámetro del tubo
l, que pasen por él en cada segundo 6,2042 pies cúb

si en la (ec. 139) sustituimos $\frac{1}{1000}$ en vez de j, y 6,2
Q, se nos convertirá despues de hechas todas las sim
$D^5=0,153054444986\times D^2+24,294659259 15$; ó t
todo al primer miembro, será
$0,153054444986\times D^2-24,294659259 15=0$ (140)

4; este producto 4 lo volveré á multiplicar por 2 y tendré 8; producto 8, lo volveré á multiplicar por 2, y tendré 16; volé á multiplicar el 16 por 2 y tendré 32; y como ya he practio cuatro multiplicaciones, resulta que 32 es el valor de 2^5.

Ahora, en el segundo término, veo que el número constante ,153054449 86 lo tengo que multiplicar por 2^2; y 2^2 quiere decir he de multiplicar el 2 por sí mismo, lo que da 4; y multiplido dicho número constante por 4, tendré que la espresion anterior me convertirá en 32—0,61221779944—24,29465925915, , despues de practicadas las operaciones, se nos convierte en 93122941 41; que escede el valor *cero* que debía resultar en esta ma cantidad: de lo cual inferimos que el valor del diámetro ha ser mayor que 1 y menor que 2; y tambien se deduce que debe oximarse á 2 mas que á 1, puesto que este error que acabamos obtener es menor que el anterior.

Ahora, podríamos suponer á *D* otro valor arbitrario comprenentre 1 y 2, ó mas próximamente entre 1½ y 2; pero de este lo nos espondríamos á tardar mas tiempo y á no aproximarnos to; por lo que emplearémos el procedimiento espuesto (nota del 10 *I T. E.*). Y puesto que los errores tienen aquí diferente signo, a encontrar la correccion que debemos hacer al segundo número uesto 2, formarémos la siguiente proporcion ó regla de tres ,54083665042 (suma de los errores por tener diferente signo) (diferencia entre los dos números supuestos) : : 7,09312294141 or que proviene del segundo número supuesto 2): á la correccion se debe hacer al espresado número 2; y hallando el cuarto térno en virtud de lo espuesto (§ 201 Aritm. de Niños), y tomando o cinco guarismos decimales, que es una aproximacion mucho yor de la que se puede necesitar, pues nos dará el verdadero retado con ménos de una milésima de línea, que ni con los mejores trumentos se puede apreciar, tenemos 0,23225; y restando este lor, del segundo supuesto 2, se nos convierte en 1,76775, que en cto es un valor mas aproximado al 2 que al 1.

Tomemos este valor 1,76775 por tercer número supuesto; y stituyéndole en el primer miembro de la (ec. 140) se nos convierte $(1,76775)^5$—0,153054449 86×$(1,76775)^2$—24,29465925915; e para encontrar el valor del primer término multiplicarémos el 76775 por sí mismo cuatro veces, y tomando en el resultado solo ce guarismos decimales, tenemos 17,26252138438.

Para encontrar el valor del segundo término, multiplicarémos el

stante 0,153054444986 por el valor de $(1,76775)^4$, que
{00625, y se halla multiplicando el 1,76775 por si
mando solamente once guarismos decimales en el producto
tiene para dicho segundo término 0,478285982 11.
ercer término es un número constante que no contiene al dis-
el mismo; por lo que la espresion anterior se nos con-
7,262521384 38-0,478285982 11-24,29465925915
ıdo las operaciones, resulta—7,51042385688, error que
tivo, nos quiere decir que el número supuesto es menor
lebe ser. Y para hallar la correccion que se le debe ha-
émos la proporcion ó regla de tres siguiente:
79829 (suma del error obtenido ahora y el anterior,
iferente signo) : 0,23225 (diferencia entre el supuesto
75) : : 7,51042385688 (error provenido del número su-
775) : al cuarto término, que resulta ser 0,11944; y su-
valor con el tercer número supuesto 1,76775, nos d
ıe es en efecto mayor que el anterior, como debía resultar
lo este valor 1,88719 por cuarto número supuesto, y
ıs operaciones anteriormente dichas, el primer miembro
140) se nos convierte en
71720-0,54510129512-24,29465925915, que, prac
peraciones indicadas, se halla por último—0,902296837
do ahora la proporcion debida, para encontrar la cor-

esto y ejecutamos todas las operaciones, hallarémos el error 2637952601.

Y formando la correspondiente proporcion, dirémos 1429067846 (diferencia de los errores por tener ambos un mismo signo) : 0,00022 (diferencia de los números supuestos) : : 2637952601 : 0,00019; cuyo valor restado del supuesto dicho 1,90328, nos resulta 1,90309.

Tomemos por 7.° número supuesto este valor 1,90309, y hallamos, despues de hechas todas las operaciones, que el error es 1400746526.

Formarémos la debida proporcion, diciendo 0,01237206075 (diferencia de los errores) : 0,00019 (diferencia de los supuestos) : : 1400746526 : 0,00018; y restando este valor del supuesto 1,90309, nos resulta 1,90291.

Tomemos por 8.° supuesto este número 1,90291, y practicadas las las operaciones, hallarémos el error 0,10230917691.

Y formando la proporcion, dirémos 0,01169828835 (diferencia entre los errores) : 0,00018 (diferencia entre los supuestos) : 10230917691 : 0,00016, cuyo valor restado del supuesto 1,90291 1,90275.

Si tomamos ahora por 9.° supuesto el valor 1,90275, y ejecutadas las operaciones, nos dará el error 0,09191443856. Y formarémos la proporcion siguiente

1039473835 : 0,00016 : : 0,09191443856 : 0,00014; que restado del valor 1,90275, nos da 1,90261.

Tomando ahora por 10.° número supuesto este valor 1,90261, ejecutadas las operaciones, obtendrémos por error 0,08282192942 formarémos la siguiente proporcion

1090925091 4 : 0,00014 : : 0,08282192942 : 0,00013; el cual restado del valor 1,90261, nos da 1,90248.

Tomemos ahora por 11.° supuesto el valor 1,90248, y ejecutado las operaciones, nos resulta por error 0,07438129730 y formarémos la proporcion

1084406321 2 : 0,00013 : : 0,07438129730 : 0,00011; que restándole del 1,90248, tenemos 1,90237.

Tomando este valor 1,90237 por 12.° número supuesto, despues de practicadas las operaciones, obtendrémos el error 0,06724103783.

Y formando la proporcion 0,00714025947 : 0,00011 : : 0,06724103783 : 0,00010; que restado del 1,90237, nos da 1,90227.

Y por último tomando por supuesto 13.° este valor 1,90227 ejecutadas las operaciones, hallo el error 0,06075133543.

Que formando la proporcion; dirémos 0,00648970240 : 0,000 : : 0,06075133543 : 0,00009; el que restado del valor 1,90227 da por último 1,90218.

Y como ya la correccion nos viene en el quinto guarismo de mal, es inútil mayor aproximacion. En rigor, desde que por el cu supuesto, nos cercioramos de que el número que buscábamos se llaba entre el 2 y el 1,88719, debimos terminar aquí nuestra o racion, pues como en casos de esta naturaleza conviene siempre cular con algun esceso, debimos suponer que el diámetro efect era de 2 pies; y aun ahora que sabemos que el espresado diám ha de ser el 1,90218 con toda exactitud en los cuatro primeros g rismos decimales y que solo podrá discrepar del verdadero en alg ó algunas unidades del quinto guarismo decimal, deberémos su ner, para dar siempre algo de mas, que el número correspondient diámetro de la cuestion sea el número entero 2 pies.

Tambien hubiéramos podido simplificar el cálculo, tomando cuatro ó cinco guarismos decimales en los números constantes primer miembro de la (ec. 140); mas como nos proponemos el d objeto de enseñar á resolver estas cuestiones con toda la exactitud convenga, y familiarizar á nuestros lectores con este método tan cundo y al alcance de todos, para resolver las ecuaciones que se sisten á todos los otros procedimientos matemáticos, hemos qu llevar esta aproximacion hasta un punto de exactitud que esced cuanto puede ocurrir en la práctica: á fin de tener una completa guridad, de que si en esta cuestion de coeficientes tan complica hemos enseñado á vencer todas las dificultades, en las que ocur en lo sucesivo, que han de ser por precision mas sencillas, se te total confianza en que se conseguirán los resultados con la exact que se apetezca.

277 Todo lo dicho hasta aquí supone que los tubos conser igual diámetro en toda su estension; pero si esto no sucede, c suele acontecer en la práctica, debemos tener en consideracion lo se verifica cuando una cantidad conocida y determinada de agua be pasar constantemente por un tubo; y por no haber suficientes bos de unas mismas dimensiones, ó por cualquiera otra causa, preciso usarlos de diferentes diámetros en un mismo encañado.

Supongamos que D y d sean los diámetros de los tubos, est el del tubo mayor que supondrémos por ahora es el que e

tes, y d el del menor; y que sea Q el gasto de agua por segundo e ha de pasar tanto por el tubo grande como por el chico. Para e se verifique esta circunstancia, es indispensable que por el tubo menor diámetro pase el agua con mas velocidad que por el otro, como el aumento de velocidad no puede provenir sinó de un aumento de carga, debemos averiguar cual es el aumento que se debe r á esta. Para encontrarle se puede hacer uso con bastante aproxiacion de esta fórmula: *Aumento de carga que debe tener un desito para que salga igual cantidad de líquido en un tiempo dado r el tubo cuyo diámetro es mayor, pasando á otro menor*=

$$\frac{Q^2}{1,23370055.g}\times\left(\left(\frac{1}{d^2}\right)^2-\left(\frac{1}{D^2}\right)^2\right) \quad (141)\ *.$$

* Para deducir esta fórmula, llamemos V la velocidad correspondiente tubo cuyo diámetro es mayor; y tendrémos que, en virtud de lo espues (§§ 50 y 51 Mec. Práct.) *la altura debida á esta velocidad*, que allí hemos presado por e, y aquí lo harémos por A, será $=\frac{V^2}{2g}$; llamemos v la velodad con que debe ir por el tubo cuyo diámetro es menor; y la señalamos n la v minúscula, sin embargo de que debe ser la velocidad mayor, porse las letras minúsculas no indican sinó las cosas homólogas en el tubo yo diámetro es menor; y espresando por a la altura debida á esta velodad, será $a=\frac{v^2}{2g}$.

Ahora bien, la velocidad en general es el cociente que resulta de divi- el gasto por la superficie de la seccion; y como esta es un círculo, y la perficie de un círculo es igual (§ 522 Cor. 1.° IT.E.) con 0,7853 &c., altiplicado por el cuadrado del diámetro, resulta que la seccion ó superie interior del tubo cuyo diámetro es D, será igual con 0,785 &c. D^2; a de aquel cuyo diámetro es d será 0,785 &c. d^2; y dividiendo el gasto por estas secciones, tendrémos las respectivas velocidades V y v, luego á $V=\frac{Q}{0,785\&c.D^2}$, y $v=\frac{Q}{0,785\&c.d^2}$; sustituyendo estos valores en las esesiones de A y de a, se tiene $A=\frac{Q^2}{(0,785\&c.D^2)^2.2g}=\frac{Q^2}{0,616850275.(D^2)^2.2g}=$ $\frac{Q^2}{23370055.(D^2)^2g}$; y $a=\frac{Q^2}{1,23370055.(d^2)^2g}$. Como a debe ser mayor que , suponiendo que el tubo de mayor diámetro se halle ántes, resulta qu diferencia de estas dos alturas será $a-A=\frac{Q^2}{1,23370055.g}\left(\left(\frac{1}{d^2}\right)^2-\left(\frac{1}{D^2}\right)^2\right)$ ue es la (141) del testo.

Aquí deberíamos tener ademas en consideracion la contraccion de la ena fluida; pero nada de lo que ha llegado á nuestra noticia es suficiente

lo la unidad por el número 1,23370055, se nos con-
siguiente

$$= 0{,}8105695\frac{Q^2}{g}\left(\left(\frac{1}{d^2}\right)^2-\left(\frac{1}{D^2}\right)^2\right) \quad (142).$$

traducida en regla, nos dice: que *del cuadrado del co-*
esulte de dividir la unidad por el cuadrado del diá-
r, se reste el cuadrado del cociente que resulte de di-
lad por el cuadrado del diámetro mayor; que la espre-
se multiplique por el cociente de dividir el cuadrado
r la gravedad, y que el producto que resulte, se mul-
el número constante 0,8105695; *y el producto*
ga, espresará el aumento de carga que por la espre-
se deberá dar al depósito.

ra hacer una aplicacion de esta fórmula, supongamos
id la velocidad media del agua en el tubo sea de tres
ndo; que el diámetro del tubo tenga 8 pulgadas =0,67
pasen por él 2 pies cúbicos por segundo; y que no ha-
ejemplo mas tubos de aquella especie, se quiera suplir
tubos cuyo diámetro interior sea de 6 pulgadas =0,5
e deba pasar la misma cantidad de agua en el mismo
que esto se verifique, es preciso que el agua camine
ocidad por el tubo chico que por el grande; luego será

y 2,228, tendrémos 16 y 4,963984; cuya diferencia es 1,036016; la cual multiplicada por 0,256 que es el cociente de dividir el cuadrado 9 del gasto 3 pies, por 35,0961, que es la gravedad en Madrid, da por producto 2,825220096; que tomando los cinco primeros guarismos decimales y multiplicando por el factor constante 0,8105695 y tomando dos guarismos decimales en el producto, obtenemos por resultado 2,29 pies que hacen *dos* pies y mas tres pulgadas y media; y espresará el esceso de altura que se debe dar al agua en el depósito para que pase por dicho tubo la misma cantidad en igual tiempo. Si se verificase, al contrario, que el agua pasase del tubo de menor diámetro al de mayor, esta altura debería disminuirse de la altura calculada para el tubo de menor diámetro; pero debemos advertir que si el tubo de menor diámetro fuese muy largo, entónces este esceso de altura que bastaría para hacer que la velocidad en el principio del tubo fuese la correspondiente para dar el mismo volúmen Q, podría suceder que no bastase para el en del tubo, suponiéndole de bastante longitud.

Repetimos que esta materia no se ha tratado aun en mi concepto, como corresponde á su importancia, y que convendría ejecutar esperimentos adecuados.

279 Cuando el tubo de conduccion ó encañado, no es recto, sufre el agua en cada recodo una resistencia que aniquila parte de su movimiento; por lo que tambien es necesario en este caso un aumento de carga que se podrá determinar en virtud de lo que expondrémos (§ 326).

280 Pasemos ya á ocuparnos de los *surtidores*. Se comprende bajo esta denominacion, *todo chorro de agua, que se eleva verticalmente ó sale con una cierta inclinacion sobre el horizonte*. Los surtidores son los adornos mas agradables de los jardines, palacios, parques, casas de campo, &c., deleitan la vista, refrescan la atmósfera, y purifican el aire haciendo que se precipiten, mezclándose con las aguas, todas las emanaciones y miasmas que en él revolotéan. En su ejecucion brillan á porfía todas las Bellas Artes y lo mas sublime de la Hidrodinámica. Los mas asombrosos del mundo son los que se hallan en España en el Real Sitio de San Ildefonso, y cuya descripcion puede verse en un cuadernito impreso en 1825. Los que siguen á estos son los de *Versalles* y *Saint Cloud* en Francia; y despues los que hay en Granada y en algunas otras Provincias meridionales de España, y ciudades de Italia. Los de la Granja son infinitamente superiores á los de Versalles; y aun son susceptibles de

presentar un aspecto mucho mas imponente y magestuoso, pues el depósito de aguá, que allí se denomina el *mar*, y que se halla en la misma montaña, es muy grande, permanente y abundante; siendo así, que el de Versalles está en lo alto de un edificio, sostenido por maderos, y es muy pequeño en comparacion de la cantidad de aguas que se necesitan; por lo cual solo pueden correr los surtidores, y como allá dicen *correr las aguas*, por espacio de unos tres cuartos de hora.

281 La parte científica de los surtidores estriba en lo que decimos (§ 571) de nuestra Mecánica; y se reduce, á que, *un chorro de agua, que salga en direccion vertical de abajo arriba, se elevaría en el vacío á la misma altura del depósito, que si saliese con una inclinacion que no fuese vertical, trazaría en el vacío una parábola, y al aire libre una curva de igual naturaleza que la descrita por los proyectiles*, y que nosotros hemos trazado en la (fig. 143) de dicha obra, y en la (fig. 76) de nuestra Mecánica Práctica.

282 Al aire libre, no puede elevarse el agua del surtidor hasta el nivel que tiene en el depósito, porque la resistencia del aire obliga al agua á que se divida; y ademas, cuando el surtidor es enteramente vertical, el agua que cae se opone al movimiento de la que sube; de manera, que dando un poquito de inclinacion al surtidor, se gana en altura, como se ve en la (fig. 47 lám. 3). En ella hemos representado en el surtidor vertical una bola sostenida por el mismo chorro; porque en diferentes partes hemos presenciado este entretenimiento muy agradable. En efecto, poniendo sobre un surtidor vertical una naranja ó una bola cualquiera, permanecerá como bailando, ascendiendo y bajando, en términos que con la vista de la espuma que forma el agua, y que á veces suele presentar los colores del iris, es una diversion sumamente agradable, y la bola ó naranja permanece mucho tiempo elevada si no se ve precisada por el impulso del viento, á separarse de la vertical que forma el surtidor, en cuyo caso, faltándole el apoyo, se precipita.

283 *Mariotte* en su *Tratado sobre el movimiento de las aguas*, y *Bossut* en su *Hidrodinámica* han publicado sus esperimentos para determinar la diferencia de altura entre el nivel del agua en el depósito y la parte mas alta del surtidor, los cuales se hallan bastante acordes. Los de *Mariotte* conducen á la regla siguiente: El *esceso de la altura del agua en el depósito sobre la del surtidor es el tercio ...rado de la décima parte de la altura del surtidor*; es decir, ...amos H la altura del agua en el depósito, y h la altura á

se eleva el surtidor, se tendrá $H-h=\frac{1}{3}(\frac{1}{10}h)^2=\frac{1}{300}h^2$ (143).
pasamos al segundo miembro la h, tendrémos $H=h+\frac{1}{300}h^2$ (144).

La cual traducida en regla, nos dice, que *para encontrar la al-a que se debe dar á un depósito, conociendo la que debe tener surtidor, á la altura de este, se añadirá la trescentésima parte n trescientos avo del cuadrado de la misma altura del surtidor.*

Ej. Si suponemos que la altura h del surtidor deba ser de 100 s, y queremos encontrar la altura que se deberá dar al depósito, drémos que, como el cuadrado de 100 es 10000, dividiendo por o da $33\frac{1}{3}$, que equivalen á 33 pies y 4 pulgadas; por lo que su-ndo esta cantidad con 100 altura del surtidor, nos resultarán 133 s y 4 pulgadas para la altura que deba tener el depósito.

284 Si quisiéramos determinar la altura del surtidor, supo-ndo conocida la del depósito, despejaríamos h en la (ec. 144), lo nos dará (§ 253 *I.T.E.*) omitiendo la resolucion negativa,

$h=-150+\sqrt{22500+300H}$ (145); y como el 22500 equivale 00×25, y 300 es lo mismo que $\frac{900}{3}$, el radical se nos convertirá $\sqrt{900(25+\frac{1}{3}H)}$; y estrayendo la raiz cuadrada de 900 que es 30, bservando que el 150 equivale á 30×5, la ecuacion anterior, des-s de simplificada, se nos convertirá en $h=30(\sqrt{25+\frac{1}{3}H}-5)$ (146);

ual traducida en regla, nos dice: que *la altura del surtidor es al á la raiz cuadrada del número 25 aumentado con el tercio la altura del depósito, rebajando de dicha raiz el número 5, ultiplicando esta resta por 30.*

Ej. Supongamos que la altura de un depósito sea 72 pies; como tercio es 24, reunirémos 25 con 24, y tendrémos 49, cuya raiz drada es 7; restando 5 de 7, obtendrémos 2; y multiplicando este 30 resulta que 60 espresará los pies á que se elevará el surtidor.

285 En cuanto al gasto de agua, es el mismo, cualquiera que la direccion del surtidor; y se determinará en virtud de lo es-sto en el capítulo 3.° de este libro, segun sea la figura del orificio ubo que forma la boca del surtidor, con tal que este salga inme-tamente del depósito, ó que entre el depósito y el surtidor medie tubo de un ancho suficiente para que el rozamiento no sea capaz disminuir sensiblemente la velocidad con que el agua deberá salir el surtidor. Sobre cuyo punto ha dado á conocer la esperiencia, el agua saldrá por el surtidor con una velocidad debida á la al-a del nivel del agua en el depósito, sobre el orificio de salida del

n tal que *la velocidad que tenga el líquido por el tubo*
, *sea como de un pie por segundo.* Tambien ha dado
esperiencia que para obtener la mayor altura posible en
conviene que el orificio de salida se haga en una pared
que se suele dar el nombre de *platina*, que despues sigue
a; y que si el tubo que forma la boca de un surtidor es
la ménos ventajosa. Con lo cual, y la doctrina que tene
ta, se podrán resolver todas las cuestiones que pueda
la práctica. Por lo que terminarémos este punto, ma
e los sugetos, á quienes ocurran obras de esta naturale
sultar en cuanto á la forma de las figuras que apetecen
idores, la obra, cuyo título es *Architectura curiosa no*
Brocklern y traducida al latin por *Sturmio*; pues aunq
tigua, presenta una inmensidad de figuras ó juegos cap
las aguas en los surtidores que conducirán á escitar
puedan convenir al intento.

CAPÍTULO XI.

De la distribucion de las aguas.

La justa y científica distribucion de las aguas es una de

as circunstancias locales varían tanto, podría suceder que el ejemplo ue resolviésemos no ocurriese del mismo modo en la práctica. Lo ismo sucede respecto de la distribucion de las aguas para el rega-io: es preciso atenerse á la disposicion particular de los terrenos, y las circunstancias con que en cada pais ya sea por ordenanzas par-culares, ó ya por la costumbre, se verifica el aprovechamiento de s aguas.

287 Pero sobre lo que sí nos detendrémos, es acerca del modo distribuir el agua de una poblacion numerosa; cuyo método podrá rvir de regla ó tipo en las otras circunstancias. En este caso, sea ucha ó poca el agua que se haya de repartir, lo que siempre se be conciliar, es que á cada individuo le corresponda igual cantidad agua. Para esto, si toda el agua viene de un parage, y es preciso partirla en diferentes conductos, que vayan á diversos barrios, con-ndrá dividirla, de modo que á cada cuartel ó barriada vaya una ntidad proporcionada á su vecindario, á no ser que alguna circuns-ncia particular influya para que en algun barrio se necesite mas ó nos agua que la correspondiente á su número de vecinos; despues, la depósito parcial se deberá distribuir de modo que, tanto los rticulares, como las corporaciones, perciban lo que les corresponde jo cualquier aspecto.

288 Si el agua proviene de varios depósitos y por diferentes ductos, convendrá examinar bien la cantidad de agua que cada pueda suministrar, y hacer que se estienda al número compe-te de vecinos, para que todos disfruten igualmente.

289 Sabida ya la razon en que se ha de dividir una cantidad erminada de agua, la resolucion de lo que á cada cuartel, barrio, poracion ó particular le corresponde, se hallará como si fuese una la de compañía (§ 210 Arit. de Niños), diciendo: *la suma de los números que espresan las razones en que se ha de re-rtir el agua, es á la cantidad de agua que hay que repartir, mo el número que espresa la razon respecto de cada cuartel, rrio, corporacion ó particular, es á la cantidad de agua que cada partícipe corresponde.*

290 Para hacer una aplicacion posible en la práctica, y al mis-tiempo útil, conveniente y necesaria, observarémos que, segun esto en mi Memoria sobre la nivelacion del Jarama, Lozoya lix (Pág. 495 del Mercurio de octubre de 1824), en tiem-*Juan Claudio Aznar de Polanco*, «el agua que venía á ran 306 rs. en esta forma: 100 el viaje de la fuente Cas-

el del Arroyo Abroñigal alto y 136 el viaje bajo
royo." La notoria escasez de agua que se nota en Madri
pensable surtir á esta Capital de agua en abundancia;
vestigaciones posteriores á dicha Memoria, sería muy f
cionar á Madrid *dos mil rs. de agua con ménos de di*
e gastos. Pues supongamos que se quisiesen distribuir e
il rs. de agua en la misma razon que se distribuía
Polanco, á saber, en tres partes ó conductos que propo
ada uno cantidades de agua que guardasen la razon d
00, al 70, y al 136.

te caso, diríamos 306 : 2000 : : 100 : $653\frac{182}{306}$; por
ponderían á toda la parte de la poblacion de Madrid q
de Polanco recibía el agua del viaje de la fuente Castell
rs. de agua.

encontrar la cantidad que correspondía á la parte de la p
re que se distribuía el agua del viaje del Arroyo Abro
diríamos 306 : 2000 : : 70 : $457\frac{158}{306}$; y sacaríamos q
ían $457\frac{158}{306}$ rs. de agua; y para hallar la perteneciente
entre que se distribuía el viaje bajo del mismo Arroy
06 : 2000 : : 136 : $888\frac{272}{306}$rs. de agua.

, pues que los números $653\frac{182}{306}$, $457\frac{158}{306}$, $888\frac{272}{306}$,
nagnitud bien sensible, podríamos hacer que la espres
á parar á un depósito que tuviese tres aberturas rec

iento, saliese siempre una cantidad de agua exactamente propor-
onal, no obstante, lo que se practica mas generalmente es hacer
rculares las aberturas, á pesar de que tienen tambien sus in-
nvenientes.

292 Para aclarar esto, y al mismo tiempo suministrar resulta-
s útiles, supongamos que los $457\frac{158}{200}=457,51634$ rs. de agua
e deberían distribuirse en la parte de la poblacion que se surtía
l viaje del Arroyo Abroñigal alto, se deba ahora distribuir en cua-
o conductos parciales en que las cantidades de agua que deban su-
inistrar guarden entre sí la razon de los números 5, 30, 50 y 60.

Para encontrar los rs. de agua que deberían corresponder á cada
a de dichas aberturas, formaríamos las proporciones análogas á
s de la regla de compañía, que siguen

145 : 457,51634 : : 5 : 15,77642
145 : 457,51634 : : 30 : 94,65855
145 : 457,51634 : : 50 : 157,76425
145 : 457,51634 : : 60 : 189,31711

yos cuatro términos espresan que por el primer orificio deberían
lir 15,77642 rs. de agua; por el segundo 94,65855; por el ter-
o 157,76425, y por el cuarto 189,31711; de donde resulta,
e si se hallasen las superficies de cuatro círculos que guardasen la
zon de estos cuatro números, y se colocasen en unas mismas cir-
stancias, parece que deberían suministrar cantidades de agua
oporcionales; pero no sucede así. En efecto, como aquí los diáme-
s deberían ser bien sensibles, si todos los centros de los cuatro
culos se colocasen en línea recta, como los *A,B,C,D* (fig. 48
n. 3.ª), se verificaría que, aunque los centros tendrían una misma
rga de agua, como la relacion de los radios con la altura del agua
el depósito no sería la misma, resulta que en virtud de la fór-
ula ((70) § 138) no saldrían por estos orificios cantidades propor-
onales de agua. Esto no obstante, aunque con alguna dificultad, se
dría calcular el tamaño de los espresados orificios, teniendo en
nsideracion la relacion variable del radio con la altura, á fin de
e entre todos diesen el gasto total del depósito, y que cada uno
roporcionalmente suministrase la cantidad que le corresponde. Mas,
pesar de esto, aun resultarían graves inconvenientes cuando au-
ase ó disminuyese la cantidad total de agua. En efecto, coloca-
s centros en línea recta como en *A,B,C,D*, si el agua dismi-
e hasta el punto *b*, la cantidad de agua que saldría por el
o *D*, habría disminuido no solo por el segmento que falta á su

sinó porque la presion relativa es menor en la otra pa
la seccion efectiva del agua, que en los otros; y cuan
que á c, la seccion de los círculos A,B no ha disminui
la de los C, D. Cuando el agua llegue á d, resulta que
círculo A no habrá disminuido nada, siendo así que e
es habría disminuido considerablemente y con desigual
gar el agua á e, por el círculo A, no saldría ya ningun
agua, cuando por los otros sí. Análogos inconveniente
colocar los espresados círculos de modo que sus punto
inferiores toquen á una misma recta, como espresan la
$A'B'C'D'$ y $A''B''C''D''$.

Para obviar estos inconvenientes, lo que se hace es elegi
pequeño, que sirva de unidad de medida, como por ejem
, y hacer que quince de estos circulitos fuesen á reunir
conducto, despreciando la parte decimal, ó poniendo u
en vez de ella; pues equivale á mas de la mitad; hac
estos circulitos se reuniesen en un solo conducto, ó m
94 circulitos y otro medio circulito verticalmente por
ual; que otros 157 circulitos ó 157 circulitos y med
e decimal, se reuniesen en otro conducto y que otros 18
tambien en un solo conducto; y de este modo resulta
stribucion con la aproximacion competente.

Aquí, no obstante, sería demasiado chica la unidad y

trado que el diámetro del orificio debe tener 0,15614 de pie ó 1 pulgada y 10 líneas, debiendo ser la longitud del tubo unas 2½ veces el diámetro, resulta que deberá tener 0,39035 de pie ó 4 pulgadas y 8 líneas, debiendo estar la altura del nivel del agua en el depósito un dedo ó $\frac{1}{16}$ sobre la parte superior de los espresados círculos: con lo cual queda enteramente resuelta está importante cuestion.

296 *Mariotte* se decidía por adoptar los orificios rectangulares, abandonando los circulares. *Mr. Bossut*, ademas de los inconvenientes que hemos reconocido en los orificios rectangulares, añade que, son muy difíciles de hacer con precision." En lo cual no estamos acordes, porque en mi concepto hay muchas mas dificultades para hacer un orificio circular exacto. Y como los otros inconvenientes serian fáciles de remediar, ya por lo que llevo indicado y ya tambien porque poniendo filtros, lo que se consigue con mucha facilidad (en virtud de lo que espondrémos cap. 2.º libro 8.º), se obtenía la ventaja de que el agua viniese pura, limpia y cristalina, y no tan turbia como la que se obtiene en Madrid en los barrios de Maravillas, Guardias de Corps, &c.; que parece orchata, por contener cal y yeso, que la hacen mal sana.

Por todo lo cual, en casos de esta naturaleza, á pesar de que se visto establecida en París, Versalles y Marly la práctica de los orificios circulares, sería de dictámen de que para la distribucion de las aguas, al ménos en grande, se deberían preferir las aberturas rectangulares.

CAPÍTULO XII.

Indicaciones generales y observaciones ó máximas que se deben tener presentes en la conduccion de las aguas; é idéas ó nociones extractadas de varias obras que pueden ilustrar el objeto que en esta nos proponemos.

297 Aunque al resolver cada cuestion práctica, hemos procurado llamar la atencion acerca de las circunstancias que se deben tener presentes, no será inoportuno el que ahora pongamos aquí bajo un punto de vista las principales máximas ó principios generales que se deben tener en consideracion al construir las obras necesarias para conducir las aguas á los parages donde sean indispensables.

Ya hemos dicho (144) que el agua dirigiéndose siempre por los puntos mas bajos de la superficie terrestre, es muy rara la ocasion en que se puede emplear en las mismas localidades por donde sale ó

mente; y como ya se haga uso de ella para satisfacer
es indispensables del vecindario de los pueblos, ya en
a Agricultura, ya para que sirva de motor en las má-
s establecimientos industriales, es indispensable condu-
arages por donde se presenta ó tiene establecido su curso
d en que se necesita, debemos hacer las advertencias
ntes acerca de la construccion de las obras conducentes á
'ambien hemos indicado allí que estas obras se designan
res de *canales*, *acequias*, *caces*, y que tambien se sue-
tubos de conduccion, *cañerías* ó *encañados*.

s ahora debemos añadir, que aunque se suele hacer uso
bras indistintamente, no obstante, cada una tiene una
s propia en unos casos que en otros. La palabra *acue-*
aplicar con mas propiedad cuando el objeto de la con-
gua es el abastecer á los vecindarios de los pueblos, y
bra se hace de mampostería ó albañilería. La palabra
consigo la idéa de servir, por lo general, para el re-
de poca consideracion; la palabra *caz* lleva la idéa de
ó abertura que se hace para conducir el agua de los
linos, ó en general á los establecimientos de industria;
canal lleva la de servir por lo general para la nave-
cuando es solo para regar, se denomina *canal de re-*
o reune la navegacion y el regadío, se llama *canal de*

301 La pendiente que se debe dar al canal, acequia, &c., de-
ser la rigurosamente necesaria para que el agua no se detenga en
curso por el rozamiento que sufre en la solera ó lecho del canal,
quia ó caz; y para que disminuyéndose todo lo posible las filtra-
nes y las evaporaciones, suministre el canal, en el parage donde
emboca, una cantidad de agua que se aproxime lo mas posible á la
tidad que en él ha entrado. Como la determinacion de este declive
uno de los puntos mas interesantes, juzgamos conveniente, útil y
esario hacer aun algunas indicaciones mas sobre este particular.

Si el agua no esperimentase rozamiento por parte del lecho donde
re, tendríamos que en un canal, rio, arroyo, &c., cuyo fondo tu-
se la posicion horizontal, la superficie superior del agua sería ho-
ntal y paralela al fondo, y correría sin alterar su movimiento,
lquiera que fuese la longitud del espresado *lecho*, *madre*, *so-*
a &c., con la velocidad correspondiente á la altura del agua en el
ósito. Pero, á causa del espresado rozamiento, es raro el que se
struyan horizontalmente los canales. En estos se ha observado lo
iente.

Supongamos que *ABCD* (fig. 50 lám. 3.ª) sea el perfil de un
ósito de agua que la suministre á un canal, cuyo fondo sea ho-
ntal, y cuyo perfil esté representado por *CFG*, y que reciba el
a del depósito por una compuerta que se puede levantar arbitra-
mente en *E*. Tan luego como se levanta dicha compuerta, el agua
del depósito con la velocidad debida á la altura *CB*, siguiendo
principio solo la direccion *EF* del canal, y disminuyendo su ve-
idad á medida que se aleja del orificio. Mas como en su tránsito
le presentan resistencias por el rozamiento con el suelo y paredes
canal, el agua se hincha ó entumece, y su superficie superior
a la forma *EMG*; entónces el agua, en virtud de su propio peso,
lve á caer desde el punto mas elevado *M*, y parte de la misma
lve hácia el depósito en la direccion *MN*: resultando por este
dio en la parte *CEMNmQ* del canal, dos corrientes que van en
tido contrario, una formada por el agua inferior *CENmQ*, que
en la direccion *CF*, y la otra por el agua superior *MmN*, que
lve en el sentido *MN*. Este movimiento es muy sensible cuando
ncipia, y se termina en *N* á unos 12 pies del orificio *EC*. Poco
oco disminuye, aunque siempre subsiste; y la superficie del agua
cluye por tomar la forma *EmRG*, donde el punto *R* es el mas
vado sobre el fondo. El agua que sale á cada instante del depó-
choca contínuamente en *NO* á la masa *NOFG*, se mezcla con

ella, y dicha masa, que se renueva sin cesar, conserva la misma figura. Estas corrientes existen continuamente en los rios, en los mares &c., donde el agua encuentra obstáculos en su curso. Se advierte que el agua en estos casos debe hincharse ó entumecerse al principio, y que despues su peso obligándola á esparcirse, resultan corrientes que pueden tener toda clase de direcciones. Por esta causa se reputa como indispensable el dar una cierta pendiente ó declive á la solera, ó fondo de toda corriente de agua, y su determinacion es un punto muy trascendental y al mismo tiempo el mas difícil.

Si se da poco declive al canal, es preciso hacer mayor su caja, lo que origina mas gastos; y siendo la superficie del agua mayor, hay mas evaporacion, y por consiguiente mas pérdida de agua. Siendo mayor la caja, el perímetro mojado aumenta, y las filtraciones crecen por dos causas, á saber, por haber mayor superficie del líquido en contacto con el terreno por donde se filtre, y porque teniendo ménos velocidad el agua, ejerce mayor presion en el fondo y las paredes (§ 143), y además es necesario añadir los accidentes de las heladas; pues es mas fácil helarse el agua cuando es lento su movimiento. Pero puede haber ocasiones en que todos estos inconvenientes sean de menor cuantía, que las ventajas que pueden resultar de que el agua llegue á un punto determinado para satisfacer alguna necesidad del vecindario, de la agricultura, ó de la industria.

Si se le da mucho declive, es menor la evaporacion y las filtraciones, y cuesta ménos la abertura de la caja del canal; pero resultan los inconvenientes de que se pierde altura en el parage á que se destina; y por otra parte, siendo mayor la velocidad, corroe ó destruye mas fácilmente la caja del canal. De todas suertes, en los paises frios conviene dar mas pendiente que en los paises cálidos para disminuir los inconvenientes de las heladas. Luego el declive que mejor concilie todas estas circunstancias, reuniendo el mayor número de ventajas con el menor número de inconvenientes, será el mas adecuado.

302 Los antiguos daban unos declives excesivos. *Plinio* juzgaba que se debía dar un pie de pendiente á cada 400 pies de distancia horizontal. *Paladio* era de opinion de que fuera pie y medio de inclinacion por 100 de distancia ó $\frac{1}{66,67}$; *Vitrubio* señaló $\frac{1}{200}$; *Belidor* reconoció que todos estos declives eran demasiado grandes, y establece que cuando el suelo no sea escabroso, se puede seguir siempre por regla general el dar un pie de inclinacion en cada 3600 de distancia horizontal. Y hasta el tiempo de *Dubuat* sostuvieron los Hidráulicos que no había velocidad sensible cuando la inclinacion, pen-

ente, ó declive llegaba á ser 1 por 7200 de distancia, pero se-
an hemos manifestado (§ 71 lib. 2.°) los esperimentos y observa-
ones de este Sabio han dado á conocer que hay todavía movimientos
en perceptibles aun cuando el declive sea 1 por 500000 de dis-
ncia horizontal.

303 Debemos repetir con este motivo, que todos los Autores, al
encionar los declives, suponen, que esto es independiente de las lo-
lidades, y me parece haber sido yo el primero que he llamado la
encion (véase pág. 600 del Mercurio de noviembre de 1824) acerca
e que, *para determinar los declives, es preciso atender á la*
erza de la gravedad; y tanto, por lo espuesto en el parage citado,
mo por otras reflexiones y reconocimientos que tengo practicados,
e parece que en España se podrá establecer que el *menor declive*
e se podrá dar á los canales, acequias, acueductos, que hayan
servir para conducir aguas potables, es el de 1 por 9450 de
stancia horizontal, en atencion á que para conservar el agua su sa-
bridad conviene que venga lo mas traqueada posible; y si hubiese
declive menor que el $\frac{1}{9450}$ que acabamos de señalar como límite,
las aguas dejarían de tener la salubridad necesaria y partici-
rían mas ó ménos de las propiedades de las estancadas.

304 Se ha reconocido, en virtud de muchas observaciones, que
ando el declive de un canal es la décima parte de su longitud,
velocidad *del agua es la misma al entrar en el canal que en*
alquiera de sus partes y que á su salida: de manera, que en este
so la velocidad es sobre poco mas ó ménos la misma que si el ca-
l fuese horizontal y no hubiese rozamiento. Si la inclinacion fuese
ayor que $\frac{1}{10}$, la velocidad aumentaría con movimiento acelerado; y
iminuiría la velocidad, si la inclinacion disminuye acercándose á la
tuacion horizontal. Pero disminuirá ménos á proporcion que la carga
a mayor, que el canal tenga mas profundidad, y que haya una
asa de agua mas considerable.

305 El declive, tanto de los canales como de los acueductos,
ebe ser lo mas uniforme posible. Cuando no hay una necesidad ab-
luta de economizar las aguas, se puede establecer en general que el
eclive en los canales de regadío, acueductos, &c., podrá estar com-
endido entre $\frac{1}{7000}$ y $\frac{1}{12000}$; pero se debe tener presente que en las
mediaciones del punto donde se toman las aguas de un canal ó ace-
, se le debe dar mayor declive, para que el agua no rebalse
cia su orígen, ó impida que entre en el canal ó acequia la com-
tente cantidad.

Aunque el rozamiento influye para detener el movim
en cada instante, debe siempre pasar la misma cantid
ada trecho del canal; pues cuando la velocidad mengu
táculo, el agua se eleva ejerciendo sobre sí misma una
r, destruye ó vence el obstáculo que le opone el rozamie
el movimiento adquirido en la embocadura.

De todo lo cual resulta que en el movimiento del agua e
quia, rio, caz &c. influyen tres causas, á saber: la pre
ocadura, la presion del agua misma que corre, sobre la
, y últimamente la inclinacion del canal.

Aunque nuestro objeto no puede ser el entrar en todos
construccion, sin embargo, cuando se nos proporcione
observacion útil, jamas la omitirémos. Por esta ca
dvertir que casi todos los Autores aconsejan que se princ
ccion por el parage donde ha de terminar el canal y qu
ontando hasta el arroyo ó rio, cuyas aguas se quieren
máxima no la considero yo tan absolutamente necesa
ste modo el conducto no puede prestar utilidad alguna
clusion; y por otra parte un ligero error en la nivelac
s que suelen ocurrir con bastante frecuencia, pueden
todo ó en parte la obra ejecutada. Principiando, al co
parte superior, á medida que se va abriendo, pro
es para regadío, y se tiene al mismo tiempo el medi

mover la tierra del fondo y orillas, el agua coadyuva mucho al desprendimiento de las tierras, y arrastrándolas ó llevándolas en disolucion ó en suspension, evitan mucho trabajo, y resultará mucha economía. Y aunque parezca esto una cosa de poca consideracion, no obstante, jamas debe perderse de vista que *en toda empresa, el primer provecho que se obtiene es la suma de todas las economías* que se hagan en su plantificacion; y si se puede conseguir con la tercera parte del gasto ménos, por ejemplo, resultan unas ventajas de mas consideracion de lo que se piensa. Y para dar un ejemplo de ellas, supongamos que en una empresa dirigida por el método regular se necesiten 80000 duros, y que ejecutándola con las economías que resultan de los conocimientos científicos, análogos á los que acabamos de citar, se consigue su ejecucion con solos 60000 duros. Supongamos que el producto de la obra anualmente sea 9600 duros; este rédito con relacion al gasto de 80000 duros que hubiera costado sin las economías que proporciona la ciencia, equivale solo á 12 por 100; y considerado con relacion al capital efectivo de 60000 duros que ha costado, equivale á 16 por 100. Por otra parte, es mas difícil que haya personas que puedan desprenderse de ochenta mil duros para una empresa, que no el hallarlas que se puedan desprender de sesenta mil. Y esta es una de las razones mas poderosas por las que deja de realizarse gran número de proyectos de la mayor utilidad.

En prueba de lo ventajoso que puede ser el practicar las obras hidráulicas por el punto donde se toman las aguas, citaré un hecho que yo mismo he presenciado.

Al practicar la nivelacion del Jarama, Lozoya y Guadalix, que verifiqué en virtud de Real órden el año de 1819, reconocí un molino casi concluido un poco mas arriba de San Agustin cerca de las orillas del mismo Guadalix; pregunté el objeto de aquel edificio, y me dijeron que era un molino, que despues de concluido, y hecho el caz, se vió que el agua no llegaba á él; y el dueño quedó arruinado perdiendo todo el capital gastado. Lo que no hubiera sucedido por cierto si, habiendo principiado la obra por arriba, se hubiera ido comprobando si el agua corría; pues entónces habiendo hecho el molino en parage donde llegaba el agua, no se hubiera perdido aquel capital, se hubiera evitado la ruina de una familia, y el pueblo de San Agustin hubiera recibido las ventajas que resultan de tener un molino mas en sus inmediaciones.

310 Acerca de la conduccion de las aguas por tubos, encaña-

dos &c., debemos observar que la diminucioon de velocidad, que se nota en ellos, indudablemente proviene en gran parte del rozamiento del agua contra las paredes del tubo: lo cual es inevitable, aun cuando se usasen tubos perfectamente pulimentados interiormente, y cualquiera que sea la materia empleada en su fabricacion.

Dicho rozamiento aumenta en razon de la longitud del conducto, y por consiguiente en razon de la estension de las superficies sobre que resbala el agua. Tambien aumenta en razon inversa del diámetro de los tubos.

311 Si el tubo de conduccion es rectilíneo y horizontal, la velocidad del agua disminuye á medida que camina en este tubo; y se concibe que la longitud puede ser tal que el agua no salga sino gota á gota: esto es precisamente lo que tiene comprobado frecuentemente la esperiencia.

Si el tubo es inclinado al horizonte, se verifica mejor el movimiento; pero la velocidad del agua tambien disminuiría, de manera que hay reducciones que hacer en las cantidades de agua que salen de un depósito por un simple orificio ó por el estremo de un tubo cuando con las mismas aberturas se emplean largos tubos para conducirla y dirigir su curso.

312 *Mr. Bossut* ha notado que con dos tubos de conduccion horizontales, que cada uno tenía 180 pies de longitud, el uno de 16 *líneas*, y el otro de 2 *pulgadas* de diámetro, bajo una carga de 16 líneas sobre el eje de cada uno de ellos, no se verificaba la salida del agua en el estremo de estos tubos sinó gota á gota: por lo que, segun el mismo Autor, es necesario inclinar el tubo al menos $\frac{1}{3}$ de *línea en cada toesa*; lo que equivale á dar $\frac{1}{2192}$ de inclinacion, para obtener un filete continuo por chorro. Mayor altura de carga, ó un volúmen mas considerable de agua, como el de un rio, pueden hasta cierto punto suplir al declive del tubo de conduccion.

En este ejemplo, el rozamiento es tal, que casi toda la velocidad del agua se destruye, pues que el movimiento es casi nulo.

Inclinando un tubo de conduccion, el agua se encuentra sometida en él á la accion de la pesantez relativa, que la lleva consigo y repara mas ó ménos la pérdida de movimiento ocasionada por los rozamientos segun el tubo se halle mas ó ménos inclinado.

313 Esta alteracion de movimiento es aun mayor en los tubos curvilíneos que en los rectilíneos; y resulta de los esperimentos de *Bossut*: 1.° que proporcionalmente hay ménos pérdida cuando la carga del depósito es mayor que cuando es menor. 2.° Que dismi

ve más el gasto en los tubos curvilíneos que en los rectilíneos. Sin bargo, el rozamiento debe ser aproximadamente el mismo en am- casos; pero el movimiento del agua se retarda en el tránsito si- so que se ve en precision de hacer por los choques sucesivos que verifican contra los diferentes codos del tubo. 3.º En fin, que hay s pérdida de movimiento por el tubo cuyas sinuosidades son ver- les, que por aquel cuyas sinuosidades son horizontales; de donde sigue, como lo observa con razon el Autor de estos esperimentos, si se tuviese que conducir agua de un punto á otro, entre los les se hallase una montaña, sería preferible hacer que el tubo conduccion circuya la montaña por recodos horizontales, que re- ntar la inclinacion de la montaña con el tubo, si el desarrollo conducto no fuese mucho mayor en un caso que en otro.

314 En el tránsito del agua por conductos que tengan inclina- nes y contra-inclinaciones verticales, se presenta un fenómeno im- tante y es: *que el aire se acantona en los recodos superiores conducto, y se opone al paso del agua si no se tiene la pre- cion de proporcionarle salida.*

Ordinariamente se sueldan, en el vértice de cada recodo de un ducto, pequeños tubos de plomo ajustando á su orificio superior válvula que se abre de dentro á fuera; la cual pesa lo suficien- para quedar cerrada mientras que el agua no viene á levantarla, endo al pequeño tubo; lo que sucede cuando el aire se ha esca- do. Se emplean tambien grifones ó llaves, que se tienen abiertas, sta que el paso esté bien establecido. A los estremos de estos tubos les llama *ventosas*, y de cuyo punto ha tratado *Mr. Couplet* con cha maestría. Por una parte el rozamiento, las resistencias par- ulares que el agua esperimenta en los tubos; y por otra el choque agua contra los recodos, y la intervencion del aire en todo el rso del agua en el conducto, alteran el gasto con tantas variacio- s, que solo despues de haber reunido los resultados de muchos perimentos directos sobre este asunto, es posible establecer *algunas laciones aproximadas* entre los gastos valuados, haciendo abstrac- n de las resistencias y los gastos *efectivos* que se obtienen en práctica.

315 En diferentes parages de esta obra, se echará de ver que mpre que podamos reemplazar nuestras propias idéas por las de bios juiciosos y de mérito, lo ejecutamos con el objeto de cor- borar nuestra opinion, y dar á conocer que lo que decimos en ta parte no es por querer aparentar ni superioridad, ni orgullo

científico, &c., &c.; sinó porque, estando persuadidos de las inmens ventajas que la plantificacion de las idéas que aquí espongo deb resultar á los Españoles, me parece que adquirirá mayor real la doctrina que espongo en esta obra, si manifiesto los parages d los Autores mas célebres que en todos tiempos, circunstancias y pa ses han manifestado idéas análogas á las que yo espreso aquí.

Por esta causa no puedo ménos de indicar que todas las máxi mas ó bases, que llevamos sentadas en este capítulo, las he confro tado y están en un todo conformes con las de los Autores que s han ocupado de esta materia, entre los que no puedo dejar de cit á *Mr. Christian* Director del Real Conservatorio de Artes y Ofici de Paris, que se ocupa de tan interesante asunto en el primer tom de su *Tratado de Mecánica industrial ó esposicion de la ciencia d la Mecánica, deducida de la esperiencia y de la observacion*, im *presa en París año de* 1822.

316 Mas lo que ahora vamos á esponer es una especie de ex tracto de aquellas obras que nos parecen mas interesantes bajo los di versos puntos de vista que comprende este capítulo en particular, y el todo de esta nuestra obra en general.

317 Principiarémos por la obra intitulada *Fluencia de l tierra y curso subterráneo de las aguas por don Teodoro Ard mans, arquitecto y tracista mayor de las obras Reales, maestr mayor de las de Madrid, veedor de las conducciones de la aguas*, &c., &c., &c., impresa en Madrid por Francisco del Hier año de 1784.

El capítulo VII de esta obra trata *del modo de degollar l aguas de los manantiales descubiertos, y dice asi*:

"Hè divertido el tiempo en tratar de diversas cosas, que aun que algunas no parecen del ejercicio de la fontanería, ni de condu ciones de aguas, yo soy de dictámen son muy del caso, así par los profesores de este arte como para los curiosos, que aunque ha algunos que pueden pasar sin documentos, hay otros que desean sa ber y se precian de tener mas buenas noticias; y así para unos co mo para otros sirven las mas dilatadas; y para cualquier curioso es peculativo, que gusta de investigar las cosas con fundamento, y des pues de haber discurrido el modo de conocer los terrenos donde est el agua, será muy del caso referir el modo de degollarlas para surtan donde se pretende; y digo que teniendo ya el manantial s lado donde se vió humear, y se acreditó con las demas diligen y señales, las que fueron supongamos en la ladera de un collado o

ua á un valle no muy profundo, allí se abrirá un pozo donde se
onocerá á qué profundidad está el agua firme; ó una zanja ó cor-
dura en línea curva de ochenta pies de largo, cuatro de ancho,
su profundidad la que se hubiese visto en el pozo del agua firme:
en considerando lo que ha menester, no hay que detenerse, y te-
endo presente que el agua aunque viene muchas veces por una ve-
sola, suele á un lado de ella haber unos nudos tan sumamente
retados que no la deja fluir, y á muy poca distancia suele brotar
agua por otra parte en lo comprendido de la mina, por cuyo mo-
o he discurrido hacer esta cortadura tan dilatada; y si en la zan-
ó cortadura no surtiese lo bastante, de ella misma nacerán cinco
nales en forma de una mano, largos, lo que le pareciere al ope-
te que necesita, y no mas profundos que la zanja principal, sinó
e ántes del principio de ellos queden un poquito mas elevados,
segun la distancia de lo largo de su línea se levantarán de atras,
suerte que queden con bastante desnivel, y que en su distancia
quede tropiezo ninguno para que le sirva de detencion al agua.
o que con esta diligencia se acrecentará mucha mas agua, por-
todas las que hubiese en su circunferencia todas concurrirán á
el parage, y se hallará la cortadura ó zanja principal con can-
d de agua, y consiguiendo esto se podrá formar, y á la distan-
que le pareciere conveniente en dicha mina, se formará su arca
cipal que trae la tajea, que se ha de hacer para conducir el
a por dicha mina, y dentro de ella su arquilla donde ha de ver-
el caño que se embistiese, y desde la arquilla ha de descender
parage que se pretende; y se advierte que en la arquilla referida
a de hacer el suelo de ella media vara mas bajo que el caño para
sirva de detener el légamo y arenillas que trae el agua consigo, y
esta misma arquilla se dejará su desaguadero, de suerte que en
urriendo mucha agua, procedida de los manantiales, que super-
da, y no cabe por las cañerías si las hay, se vaya al campo
perjudique tajea ó cañerías. El embocadero del desaguadero ha de
r mas alto un poco que el surtidor y embocador del viage, obser-
do el que le hiciere tenga muy buen surtimiento y desnivel al di-
campo. El arca principal se fabricará de la materia que hubiese
proporcionada en el parage, como sea piedra de cualquier géne-
lrillo."

el capítulo XIV trata "*de la conduccion de las aguas; de
miento hasta el lugar donde han de surtir, y como han de
tajeas ó cañerías donde hubiere de ir cada cosa*"; y dice asi.

»Ya que se ha tratado de asegurar el agua en el manantial y abierto la mina por donde ha de caminar el viage, es necesario poner su tajea por donde ha de llevar su viage el agua, y tambien si se hallase en su camino otro manantial, recogerse para mayor aumento del viage si fuere buena el agua y si no separarla, y así se hará su tajea del hueco y altura que pidiere el golpe de agua. Despues se levantarán sus paredes de piedra de pedernal, ó de otra que no se desmuela con la humedad y se irá sentando en seco, muy bien sentada de suerte que no se desbarate, y estas paredes han de arrimar con su grueso hasta las paredes del terreno, y si este está muy suelto en la parte baja ó superficie, se le echará una tonga de piedra, y despues que estén enrasadas las paredes, se buscarán unos lanchones de la misma piedra y se enchinará muy bien para que cuando se le echa mezcla de cal y arena encima no se traspore nada abajo, y sobre la capa de la mezcla, se echará una tonga de arena para poder andar por encima, y de esta suerte, se irá siguiendo hasta hallar novedad en el terreno y llegar al plomo del pozo donde se ha de hacer su arca de descanso, la cual nunca se ha de hacer á plomo del mismo pozo, sino es metida á un lado, porque lo que cayere de arriba no se introduzca dentro, y si el terreno no fuese favorable, se le echará un par de galápagos de albañilería encima del arca, y hacer el embocadero del pozo tambien de albañilería, y de esta suerte se irá prosiguiendo adelante con el viage hasta su fenecimiento, escepto si en la distancia de su camino se hallase algun manantial que su agua no sea tal como la que trae: en este caso, si fuere cantidad, se recogerá en cañería y se conducirá por un costado á la tajea y se llevará hasta darle el surtidero donde fuere la voluntad del dueño, y si de él no quisiese aprovecharse, se le puede poner al manantial un trozo de mina por un lado, con bastante declinacion, que él se divertirá, y tambien aunque esté abierta la mina, si en el discurso de la obra se halla algun trozo de terreno se derumbia mucho, y es preciso por esto y por otros accidentes mudar de línea, y como es recta, hacerla curva, se debe hacer abriéndola nuevamente é incorporándola con lo que va adelante, como tambien si de pozo á pozo se encontrase con terreno que sea preciso encañar aquel trozo de viage, se ejecutará haciendo las cañerías, de suerte que quepa el agua muy sobradamente con la holgura (porque es mala materia para oprimida) y se encarga al artífice que siempre que se ofrezcan ángulos ó codillos que no sean rectos, se han de romper en piedra, porque es materia que resiste mas que otra, con líneas curvas, porque el agua corra con

ıs suavidad y sin embarazo que se le oponga; y volviendo á las
eas digo, que solo se estilan en los viages del campo, desde su na-
miento hasta las arcas principales, y en estas es donde se reparten
s aguas á otras para que surtan las fuentes públicas y particula-
s, y en la caja que hay dentro del arca que esta ha de ser de piedra
plomo, porque es metal mas acomodado, así para manejarle como
ra comprarle (aunque es mal metal para cañerías). Los antiguos las
cieron de madera, caños de barro, de piedra, de bronce y de hierro,
traían el agua por cañerías de teja compuesta. Los caños de ma-
ra se pudren y prestan mal color, olor, y sabor al agua. La de
mo cria mucho légamo y horruna; la de piedra cria mucha toba
légamo: la de bronce es la mas limpia, pero no la mas ligera para
bolsa. La cañería de hierro vaciado dura poco, porque el moho del
rro la gasta muy pronto y cuesta mucho; pero no es tan perjudi-
l á la salud como la de otros metales, porque tiene su azufre * que
muy medicinal como he dicho. La cañería de barro entre todas es
mejor para la salud y perfeccion del agua; y la mas cómoda al
ólo y la que endulza mas el agua; y así los caños de barro se eje-
an de dos pies de largo, uno con un macho y otro con una hem-
a cada uno de cuatro dedos de largo. Los diámetros son diferen-
, porque el menor que se da es de cuatro dedos y uno de grueso,
el mayor es de caños que llaman de á nueve: estos tienen el pro-
largo; pero nueve dedos de diámetro, y dos de grueso, aunque no
ales. Tambien hay otros caños intermedios que llaman de á seis,
seis dedos de diámetro, y si uno quisiere mandar hacer una por-
n de caños del diámetro y largo que quisiere, se los harán en Ma-
d ó en Alcalá de Henares, se entiende habiéndolos menester en
a tierra, que si fuere en otra parte se acude á lo mas cerca donde
y buen barro para ello (que no todo es bueno), y observando el
ífice que si el viage del agua va rápido, es necesario prevenir la
ería mas gruesa, si ha de ser de barro, que la ordinaria, y que
codillos que hubiese de llevar en el discurso del viage, subidas y
jadas, si las hubiere en las arcas, han de ser de piedra dura para
e tengan mas fuerzas y resistan el ímpetu de su furor; y si vi-
re el viage tan á nivel, que llamamos dormido, con cualquier ca-
ría basta, y si en la rigurosa cañería fuese menester cañería de
mo, es necesario mandar hacer las planchas para hacer los caños

(*) No es azufre lo que tiene el fierro fundido, sinó una corta por-
n de carbono que contribuye para la purificacion de las aguas.

mas gordos de siete á ocho arrobas, y de esta suerte resistirán mu
bien; y á estas cañerías de plomo de la suerte que fueren, se le
echarán sus manguetas del mismo plomo, que sirven de machim
brado, y al trozo de caño que hay entre mangueta y mangueta, se le
echarán dos ó tres abrazaderas de la misma plancha para mas for
taleza y seguridad así del caño como de la soldadura. Despues se
le pondrá su torta de betun con su angeo, rodeado todo el caño con
buena tomiza de esparto ó cordel de cáñamo, que dura y aprieta mas
con la humedad. Prevenidas las cañerías así la de barro como la de
plomo, encargo mucho al operante no ande escaso en el betun en los
machiembrados de las de barro y en el vestir las de plomo con el
angeo. Ahora es preciso recibir estas cañerías de fábrica sea en la
mina ó en zanja abierta. Se tendrá prevenida la mezcla de cal y
arena, á dos espuertas de arena una de cal, y el ladrillo que sea de
pinta y colorado, y se irá echando su tendel sobre la superficie del
terreno y echando ó sentando su ladrillo atravesado, si es cañería
narangera (que si es mayor mas ladrillo ha menester), despues se va
sentando los caños sobre el ladrillo, y si lleva tendel encima del la-
drillo, será mucho mejor. Despues se le echa cal, y se le vá metiendo
por los sobacos de los caños y se le van acompañando con medios
ladrillos ó con cascote, y ya que está enrasado el caño se le pone la
cubierta de ladrillo. Esto se hace así cuando es cañería sencilla, pero
cuando es cañería mayor, se dobla la planta llevando dos ladrillos
uno encima de otro, con su tendel en medio, y lo mismo encima de
la cubierta. Despues se le va echando tierra encima, y con los pies
se va apretando, porque no es cosa de pison, y enrasándose con
piedra encima, como es estilo siendo zanja abierta.

Me parece que será muy del caso poner un instrumento fácil
y menesteroso para que los operantes, cuando ejecutan una cañería
dilatada, vaya guiada con la cuenta y razon que se necesita; porque
las mas se ejecutan, como dicen, á ojo, y por esta razon se han
esperimentado notables yerros, pero muy difíciles de enmienda, como
no sucedió pocos años ha hacer una cañería en un viage, y cuando
llegó al surtidero del arca principal se hallaron con él seis pies
mas baja la cañería de lo que habia menester y no pudo servir la
obra y preciso volverla á ejecutar, por el yerro tan considerable
por encima de ella, abriendo otras minas en el altura que necesi-
taba, y este daño resulta de no hacer las cosas por medio de la
razon; y prevengo que cualquiera se hallará bien con el instru-
mento, pues lo que tiene de breve su hechura tiene de fácil

ntenderle y usarle, y es de esta suerte (Es el que presentamos en
figura 51 lámina 3.ª).

»Se tomará un reglon de veinte pies de largo, muy bien la-
rado y sacado á groso y á los dos estremos de él se pondrán
os zoquetitos de madera bien labrados, y en cada uno un plo-
ito teniendo el zoquete una línea perpendicular. Tirada, luego
tirará otra que abra hácia la parte del corte una quinta parte
e un dedo, y como se va sentando la cañería con el plomo,
ue cae sobre este declivio resultará luego en cada cien pies un
do de desnivel, y si quisiere que tenga mas lo que le pareciere
desnivel, se hará en la misma proporcion de la que está hecha
suerte que si teniendo una quinta parte de un dedo tiene en
en pies un dedo, dándole otro tanto de declivio, tendrá dobla-
porcion, y de esta suerte y con esta forma hará su cañería sin
rrotes, altos, ni bajos, como ordinariamente sucede y este ins-
mento va demostrado en lo último con la letra *M* (que es
estra fig. 51).

»Y volviendo á discurrir sobre los viajes de las aguas y los
dos y accidentes de ellos, digo que se puede ofrecer hallar un
nantial que entre él y el surtidero haya un cerro que subir
bajar. Se verá lo que está mas alto del manantial, ó el surti-
o, si el cerro es de tierra ó piedra, y si es de piedra nordear,
si es de tierra se podrá hacer una mina para su conduccion,
ando del instrumento referido del reglon y se podrá ejecutar la
ina sin el menor error, y segun la declinacion que se le ha de
r, se podrá templar la línea de los plomos.

»Tambien se podrá ofrecer conducir un golpe de agua bastan-
mente crecido que baja de una eminencia muy grande y muy al-
á lo bajo de un valle: en este caso es preciso observar qué
rrumbaderos tiene en su bajada ó qué golpeaderos, y entre los
e hubiese se elegirá el que pareciere tiene desde él á donde ha
surtir bastante altura segun las invenciones de agua que ha de
ber en el surtidero, y en aquel descanso ó golpeadero se ha-
una presa de vigas y piedra ó de piedra un paredon ejecutado
n mezcla de cal y arena, de suerte que se estanque allí el
ua y sirva como de un depósito, dejando el paredon con tal arte
que si viniere una abundancia de agua por un accidente,
cape sin ningun detrimento, ora sea por un ladron ó por
surtidero, que se le dará de modo, que cuando crezca se vaya,
rca del descanso del agua se hará una arca principal, la cual

y ejecutará conforme le pareciere al artífice, así en s
en su materia, de donde empezará á recoger y enca-
ge; y cuidado que en éstas cosas es menester andar sien-
vertidos por los muchos accidentes que suelen sobreve-
se tomará el nivel ya referido, y se verá qué altura y
a hay desde el arca hasta el parage á donde ha de sur-
el altura que hay y qué distancia con la certidumbre
nivel de tranco; y aunque lo natural es llevarla por li-
cada arco forme su ángulo (suponiendo que las arca
cambijas) porque de esta suerte se le templa la fuerza
el agua y son mas permanentes las cañerías, de suerte
cien pasos se hará su cambija, para mayor descans
despues de elegidas las cambijas, se elegirán y ejecuta
erías: estas sean de plomo ó de bronce ó de hierro ha
vaciadas que no lleven soldaduras, porque es por donde
er, y tambien pueden ser de piedra, que son mas alto
cualquier género que sean darles el diámetro que hubiere
gun el golpe de agua y el grueso que bastare á resistir
rvando siempre que los codillos han de tener mas grue
os, porque siempre hace en ellos mas batalla el agua
ien suele suceder ser todo el terreno muy irregular,
s como en cerros, y es necesario en los barrancos ha
arcos para el paso del agua con tal arte que aun

los nudillos se han de recibir con buen yeso, y lo que entra den-
o de la peña ha de ir bien claveteado, para que agarre bien el
eso, y el tablon con que se tapare se ha de tejar por encima,
andando hacer teja á la medida, ó se emplomará ó empizarrará
ándole al tablon en la labra de él un poco de corriente y con eso
eda todo muy bien y la entrada del agua en este trozo de cañe-
a, que va en las vigas, y la salida ha de ser de plomo, sea de
materia que fueren los caños, porque ningun metal para esto se
aneja mejor.

»Tambien he visto practicar, que queriendo un amigo llevar
gua muy somera en un parage de su diversion, trató con un Fon-
nero, que le habia de conducir aquel agua á otro parage y des-
es de haberse convenido en que se empezase la obra principiaron
viage, abrieron sus zanjas en terreno pedregoso, y la tierra que
bia entre las piedras de mala calidad, de suerte que la misma
uja servia de tajea porque el agua iba suelta hasta el surtidero,
suerte que por los caños de la fuente solían correr sapos y otras
andijas y viendo este inconveniente tan grande, se dió el re-
dio que se encañase con caños de á nueve en seco acompañados
piedra seca así por sus lados como por encima, de suerte que
libró que en la fuente no corriesen semejantes animales y des-
es sucedió que á pocos años se secó la fuente, y discurriendo en
é consistiría, entre muchos discursos se halló por cierto, que el
ua que se hallaba por aquellos planos era de unos vejigones de la
rra, que se habian llenado de agua, así de lo que llovía como de
que procedia de unas habas que habia al rededor de aquel terre-
á poca distancia, que éstas cuando la tenian la participaban por
venas y cavernas de la tierra en donde se hallaban. El pobre
eño se dejó llevar de la persuasion del Fontanero, que le pudo
engañar al principio, pero esto me parece fué defecto de entram-
; el uno que no lo entendia, y el otro que tubo facilidad en creer-
, y partió sin haberse informado de hombre, que le pudo desenga-
ar, y este defecto le tienen muchos dueños de obras, que no quie-
n tomar pareceres de hombres peritos, porque les parece que los
an de estafar, y así lo pagan luego y desengáñese cualquiera dueño
obra, que si no busca la mejor para el primer consejo, irá per-
su caudal."

8 Pasemos ya á la obra mas recientemente publicada, y
e tiene mas directa é inmediata conexion con el objeto que nos
oponemos en esta, y es el *Ensayo sobre los medios de conducir*,

tribuir las aguas por Mr. Genieys impreso en Paris,
29.

reciable Autor principia su ensayo por una introduccion
, y despues de presentar bajo cierto aspecto la histori
Fontanero por los monumentos, dice:

puede bastar para hacer conocer toda su utilidad, pe
o caracteriza bastante sus progresos; es necesario con
rte científica para apreciarla en su justo valor y evita
idéas de esplendor y magnificencia, no lleguen á ofus
juicio induciéndonos á creer que ha sacado pocas venta
uevos descubrimientos.

n todas las artes un punto de perfeccion que proponer
e puede alcanzar, sinó por una aplicacion mas ó men
los resultados de la teoría. Pero el arte del fontanero
rincipios de Mecánica y Física que eran, por decir
ocidos á los antiguos. No se debe estrañar si les
aja.....

d, *Lahire*, *Vauban*, *Riquet*, hicieron felices aplicac
do de los grandes trabajos hidraúlicos.

t contribuyó sobre todo al progreso de las Ciencias e
s providencias que Luis XIV espidió, protegiendo á
no se desdeñaban de hacer los planos, las nivelacion
á ocupaciones penosas para asegurar el éxito de las o

s encuentra raras veces reunidas sobre los lugares en que se deben
plear ó bien ocupan los puntos mas bajos; de manera, que es
cesario casi siempre ir á buscarlas á lo léjos ó levantarlas sobre
nivel natural.....

»El agua, en el estado líquido, se puede considerar como com-
uesta de moléculas poco adherentes entre sí, y susceptibles de obe-
cer fácilmente á la accion de la pesantez. Ellas no permanecen en
uilibrio ó en reposo sinó cuando están contenidas en un vaso, cu-
s paredes son capaces de resistir á la presion que se ejerce perpen-
cularmente á su superficie.....

»Si el agua no está detenida en todos sentidos, corre por la par-
donde falta la resistencia. Esto es lo que se verifica cuando se ha-
simplemente encerrada en un lecho de canal ó de rio, ó en un
bo de conduccion. En esta circunstancia, para analizar bien el fe-
meno del movimiento, es necesario distinguir: el volúmen ó la
ntidad de agua que corre en un tiempo determinado; el perfil ó
ccion perpendicular al lecho, por un plano perpendicular al eje de
filete fluido; la profundidad del agua; su velocidad y la incli-
cion de la superficie.

»En los casos mas ordinarios del movimiento, existe una rela-
on matemática entre estas cinco cantidades, es decir, que siendo
ocidas cuatro de ellas, se puede siempre determinar la quinta,
mo lo esplicarémos mas léjos *.

»Verémos tambien que en las aplicaciones mas ordinarias de la
rmula del movimiento, no se pueden siempre dar de antemano cua-
o de estas cantidades. Sucede frecuentemente que no se conocen sinó
s límites entre los cuales se les debe hacer variar, y que no es sinó
r tantéos y ensayos como se llega á satisfacer á las diferentes con-
iciones de la cuestion.

»Pero de todos estos elementos, el mas importante que se debe
nsiderar en la teoría de las aguas corrientes, es la velocidad.

»En efecto, las hipótesis sobre las cuales esta teoría se funda,
penden ó están fundadas en consideraciones sobre la velocidad de
s moléculas de los filetes fluidos.

»La accion de las fuerzas aceleratrices que producen el movi-
iento y la de las fuerzas retardatrices que le modifican, se espresan
funcion de la velocidad.

»Los efectos que resultan de ella, como el gasto de agua, la

* Esto es lo que nosotros hemos hecho ya en los dos capítulos anteriores.

ntra las paredes del lecho, el impulso que la corriente
r á un cuerpo flotante, se miden por la velocidad.
ltraciones, las evaporaciones, siendo mas ó ménos cons
gun que el agua empléa mas ó ménos tiempo en corr
dado, estas causas de diminucion se unen esencialmen
dad.....
ras menor es la velocidad, mas tiempo gasta el agua
pacio dado, y mas pérdidas hay producidas por las f
las evaporaciones. Al contrario, cuando la velocidad
, el agua choca todos los obstáculos que encuentra c
cantidad de movimiento; tambien desgasta entónces m
s orillas, y produce en el fondo del lecho desigualdad
s considerables segun la naturaleza, mas ó ménos resi
elo. En este caso, se ve uno precisado con frecuencia
nal, á detener las aguas y por consiguiente á suspe
útil.
que entre las velocidades estremas, hay un término m
ventajoso posible que depende mucho de la naturale
nos que debe atravesar el canal, y de la masa de l
alimentan.
anal debe llevar aguas saludables, es necesario adem
idad sea bastante grande para que no adquieran cual

»Cuando el volúmen y la velocidad son determinadas, asi como figura transversal del lecho, se concluye la inclinacion por la fórmula del movimiento uniforme.

.....» la velocidad de 35 centímetros debe ser la velocidad media por segundo, ó de 43 centímetros (1,543 pies españoles) cerca de la superficie.

»El talud del canal de Ourcq es de uno y medio de base por uno de altura.

»La inclinacion ó declive es algunas veces determinada por las cualidades, cuando se trata por ejemplo de conducir las aguas de una *fuente* sobre el punto culminante de una ciudad, algunas veces se puede aumentar ó disminuir en ciertos límites, cuando se trata de derivar simplemente las aguas de un rio y que el sitio de la toma de aguas no está fijo de antemano.....

»No nos estenderémos mas sobre lo que concierne á la construccion de los canales. Solo en las obras donde se trata especialmente de este objeto, es donde se puede entrar en todos los detalles que semejantes proyectos exigen (cita por nota las obras de *Mr. Girard* sobre el canal del Ourcq, y las memorias sobre los canales de navegacion por Mr. Gauthey).

»La nivelacion y el trazado de un canal estando determinadas, se hace principiando por el parage en que debe terminar, y remontando sucesivamente hasta el punto de partida ó de la toma de aguas *.

»Segun las cualidades del terreno que el canal atraviesa, se emplean los diferentes medios que el arte sugiere y que hemos indicado arriba para oponerse á las filtraciones.

»Se encuentran algunas veces arroyos, fuentes de que puede convenir no recibir las aguas en el canal. Entónces se establecen acueductos, segun que el local lo exige, para evitar el concurso.

»En fin puede uno verse en precision de atravesar una quebrada, barranco, rambla profunda, un rio considerable, se construye en este caso, el canal de mampostería y se le sostiene por un puente de uno ó muchos órdenes de arcadas, segun la altura á que es necesario elevarle para conservar su declive."

320 Acerca del establecimiento de los acueductos, de que se ocupa desde la pág. 24, dice:

"Los acueductos de mampostería deben ser preferidos siempre el volúmen del agua, de que se puede disponer, es poco considerable.

---

* Esto es susceptible de muchas escepciones, como ya hemos manifestado (§ 308).

» Aunque su declive deba ser reglado de manera que proporcione al agua una velocidad determinada, el trazado difiere esencialmente del de un canal. El agua estando encerrada en una cuneta de mampostería, se puede mas fácilmente sumergir en la tierra, atravesar una montaña, cortar las rocas, elevarse sobre el suelo en los valles profundos, sosteniéndole sobre un muro ó sobre un puente formado de uno ó muchos órdenes de arcadas.

» Así los acueductos son subterráneos ó descubiertos.

» Los primeros se componen de un zampeado.....

» Los segundos constan igualmente de una cuneta de mampostería, pero ella está sostenida para conservar la inclinacion, sobre un mazizo tambien de mampostería ó albañilería cuando la elevacion sobre el suelo no es sinó 2 á 3 metros (de unos 7 á 11 pies españoles) y sobre uno ó muchos órdenes de arcadas.....

» No darémos las dimensiones de las diferentes partes de las obras, que entran en la composicion de un acueducto, porque dependen de la naturaleza del terreno sobre el cual se debe establecer, de las resistencias que tienen que oponer segun están mas ó ménos sumergidas en tierra ó elevadas sobre el suelo.

» Dirémos solamente que en los acueductos subterráneos, cuando el fondo es bueno y no hay un metro de espesor de tierra sobre la bóveda, se da al zampeado 0,32 de espesor (1,15 pies españoles) no comprendida la capa &c....

» La parte del paramento interior, que debe ser mojada, se recubre de una primera capa de cimento de 5 centímetros de espesor (unas dos pulgadas españolas) compuesto de cal, de arena fina y de ladrillo casi pulverizados.

» La magnitud de la obra depende evidentemente del volúmen de agua que debe llevar y de la inclinacion; pero no se da jamás ménos de un metro (3 pies y medio españoles) de ancho por 2 (7 pies españoles) de altura, para permitir reconocerlos en toda su longitud.

» Cuando el valle, que es necesario atravesar, tiene una gran profundidad y el número de órdenes de arcadas necesarias para conservar la inclinacion, viene á ser muy considerable, se pueden reemplazar estas construcciones por tubos de fundicion de fierro ó de plomo, con tal que ofrezcan una resistencia proporcionada á la presion del agua. Se les hace rodear el contorno del valle sosteniéndolos sobre los lados por arcos rastreros, y en el medio por un puente ordinario que se denomina entónces *puente de Sifon*. Se colocan depósitos sobre las dos alturas en los estremos: el agua desciende del

para subir en el otro á un nivel que depende de la pérdida de
a debida á los rozamientos y á la aceleracion de la velocidad del
en el conducto, segun que la abertura de los tubos difiere mas
nos de la seccion viva de la corriente en el acueducto.

»Existe en Génova un puente de sifon llamado *della Arcate*,
atraviesa el valle del Torrente *Geivato* llevando las aguas de la
a de Molassana á la del Pino.

»La embocadura del sifon está mas elevada que la salida 7,43
os (cerca de 27 pies españoles), y la distancia horizontal de es-
los puntos es 668,65 (unos 2400 pies españoles).

»La parte inferior del sifon se halla debajo de su emboca-
50,^{m}02 (cerca de 180 pies españoles) y de su salida 42,^{m}49
s 152 pies españoles).

»El conducto sigue la curvatura del puente sobre el cual está
lo, y se compone de tubos de fundicion de fierro, cuya longitud
desde 0,^{m}87 (unos 3 pies españoles) hasta 0,^{m}75 (unos 2½
españoles) comprendidos 0,^{m}065 (cerca de 3 pulgadas espa-
) de enchufe. El diámetro es de 0,^{m}37 (16 pulgadas españolas)
grueso de la pared 0,^{m}02 (cerca de 10½ líneas españolas).

»Se ha tenido cuidado de colocar en la parte inferior dos tubos
grifones ó llaves destinados á descargar las aguas en el caso de
se debiese poner el sifon en seco; y en la parte superior cerca
embocadura, dos tubos de la misma forma para facilitar la
duccion del agua, dando salida al aire.

»El agua, ántes de introducirse en el sifon, está derramada por
ueducto que precede en un depósito, que tiene en su medio una
de fierro destinada á retener los ramos, hojas y otras materias
podrían obstruir el sifon.

»Este depósito tiene otro colocado á un metro (unos 3 pies y
o) sobre el centro de la embocadura del sifon: de modo que
do el agua es mas abundante, la carga total en virtud de la
se verifica el movimiento, puede ser de 8,^{m}43 (unos 30 pies
ñoles).

»En este caso, el gasto de agua es de 696,16 metros cúbicos
hora (32181 pies cúbicos españoles).

»El acueducto de Génova tiene 28,260 metros * de longitud
1423 pies españoles).

En prueba de lo fundada que es nuestra opinion espuesta en la
del (§ 5) del libro primero, debemos decir que si esto lo le-
nos aisladamente, sin relacion al contexto, podríamos interpretar

»No se le había dado al principio en 1293, sinó 7,786 metros (27943 pies españoles) de desarrollo; pero se le ha aumentado sucesivamente despues, para recoger nuevos manantiales. La construccion del puente de sifon se verificó en 1782.

»Si la longitud del valle es muy grande, se pueden formar muchos conductos en sifon levantando mazizos de mampostería ó pilastras para sostener otras tantas cunetas colocadas á diferentes alturas, teniendo en consideracion la pérdida de carga necesaria para vencer los rozamientos en los tubos. El agua desciende del depósito que termina á la primera parte del acueducto sobre el reves del ribazo ó ladera y remonta por un conducto vertical en la primera cubeta: ella vuelve á bajar despues y remonta en la segunda, y así sucesivamente hasta llegar al depósito colocado sobre el reves opuesto de la ladera, que forma el orígen de la segunda parte del acueducto. Se colocan aberturas en el vértice de las pilas á fin de dar salida al aire, que sin esto podría estorbar el movimiento del agua en los tubos de conduccion.....

»Se puede emplear un medio semejante para atravesar un torrente ó un rio sobre los que la construccion de un puente sería difícil ó demasiado dispendiosa. El conducto se compone entónces de tubos de plomo ó de fundicion de fierro unidos por articulaciones que les permiten tomar un movimiento en el sentido vertical y aplicarse enteramente sobre el fondo del lecho.

»Se ha encontrado en el fondo del Ródano un conducto de plomo, puesto desde el tiempo de los Romanos, que atravesaba este rio desde la villa de Arlés hácia *Trinquetaille* sobre un ancho de 90 toesas (630 pies españoles) y á una profundidad de 6 á 7 toesas (42 á 49 pies españoles). Este conducto estaba compuesto de tubos de plomo de 5 á 6 pulgadas de diámetro y de 4 líneas cerca de espesor, soldados todos á lo largo por medio de una lámina de plomo de igual grueso y reunidos por tubos adicionales de igual materia, de toesa en toesa.

»Acabamos de ver como se podría hacer atravesar un valle por un conducto de agua sin construir un acueducto; pero no es ménos importante algunas veces, hacerle salvar una colina sin estar uno obligado á contornearla ó taladrarla. Hay un caso en que se puede producir el paso del agua con un sifon, es cuando la colina no tiene

que aquí decia 28 *metros* y 260 *milésimas de metro*, en vez de *veinte y ocho mil doscientos sesenta metros*, que es lo que parece quiere decir el Autor. La misma duda ofrece la espresion 7,786 que pone mas *abajo*.

pies (37 pies españoles) sobre el nivel del agua en el valle donde encuentra la fuente alimenticia ó el depósito. Concibamos un tubo e sumergiéndose en el agua del valle, se eleva arrastrando hasta el rtice de la colina y vuelve á bajar sobre la ladera opuesta. Para bar este sifon, se cierran sus dos estremos, y en lugar de hacer el cío, se le llena de agua por una abertura practicada en la parte superior. Se cierra esta abertura; se destapan despues los dos estremos, el paso se establece hasta que el agua del valle se haya agotado, ó e el brazo mas corto del sifon no se sumerja ya en el agua, ó en que el nivel no se haya bajado mas de 10 metros (unos 36 á 7 pies españoles segun la presion atmosférica) por la parte infeor debajo del vértice de la colina.

»Cuando se empléa el sifon de un diámetro un poco grande, debe tener en consideracion que el aire puede introducirse en una las columnas, desfilar á lo largo de las paredes, y llegar á la rte superior donde causa una solucion de continuidad y por conguiente hace cesar el tránsito del agua. Para evitar este inconniente, es necesario tener el estremo del brazo, por el cual pa el líquido, sumergido en el depósito de distribucion por debadel nivel del agua, y colocar en el vértice una ventosa ó desito de aire que describirémos mas adelante.

»Los acueductos descubiertos tienen algunas veces un ancho basnte considerable para permitir á los coches correr su longitud so una calzada pública.....Tal es el acueducto construido en el lla de *Buc* para conducir aguas á Versalles. En semejantes casos, acueducto ofrece la ventaja, no solo de hacer que el agua salve valles que separan las montañas, sinó aun facilitar las comuniciones de uno á otro. Cuando sucede que un acueducto subterráo debe pasar por debajo de un camino público, es necesario proger el conducto por una obra fuerte de mampostería. La misma ecaucion se debe tener cuando el agua corre en tubos de conducn ó encañados que pasan por debajo de los grandes caminos.

»Se evitan por esto las huidas ó evasiones de agua que se deían al estremecimiento producido por los carruajes, y se pueden cer las reparaciones sin impedir el paso.

»La velocidad del agua en un acueducto debe ser reglada por mismos principios que cuando ella corre por un canal, solamente como no puede corroer las paredes en este caso, sin degradarlas el rozamiento, se sigue que se puede hacer variar la velocidad límites mas estensos.

»Cuando no se ve uno precisado por ninguna condicion particular, es conveniente dejar mas inclinacion para que el agua camine mas rápidamente. Pero es esencial algunas veces no perder inútilmente una parte de la altura, cuando se trata sobre todo de conducir las aguas á una poblacion, á fin de que puedan ser distribuidas en los cuarteles mas elevados, ó recogidas en depósitos superiores, ya sea para sacar de ellos cascadas, ya para detener los progresos de los incendios, ya para conservarles mayor fuerza motriz.

»Los Romanos habían dado á la mayor parte de sus acueductos una inclinacion tal que la velocidad de sus aguas debía ser de muchos metros por segundo. Pero en aquella época la Hidráulica no estaba suficientemente adelantada, para que principios seguros sirviesen á la determinacion de la velocidad.

»El acueducto de *Nimes* tiene 4 centímetros de inclinacion por 100 metros (esto equivale á ser lo que nosotros hemos llamado $I=\frac{1}{2500}$).

»El del *Monte de Pila* en *Lyon* tiene 0,1666 de metro de inclinacion, por 100 metros (esto equivale á ser $I=\frac{1}{600}$).

»El de *Metz* tiene 0,100343 por 100 metros. Resulta una velocidad de 0,85 metros por segundo. (Esto equivale á ser $I=\frac{1}{996}$).

»El de *Trapes* tiene 3 pies de inclinacion por 4000 toesas; da una velocidad de 0,54 metros por segundo. (Esto equivale á ser $I=\frac{1}{8000}$).

»El de *Roquencourt* que conduce el agua á Versalles tiene $\frac{1}{3}$

»El de *Casserte* construido por el Rey de Nápoles Carlos III tiene 208,33 milímetros por quilómetro. (Esto equivale á ser $I=\frac{1}{48}$

»El de *Montpellier* tiene 289 milímetros por 1000 metros (Esto equivale á ser $I=\frac{1}{34600}$).

»El acueducto del recinto de París tiene de inclinacion $\frac{1}{8675}$."

321 Acerca del establecimiento de los conductos de agua, dice desde la pág. 38:

"Cuando se quiere conducir el agua de un lugar á otro más elevado, por medio de una reguera ó tajéa que esté á cielo descubierto ó de un acueducto de mampostería, no se consigue sinó con grandes gastos una inclinacion uniforme. Si el volúmen de las aguas es considerable, como en el caso de que se trate de abastecer á una gran ciudad, no se puede sin embargo elegir sinó uno de estos dos medios; pero cuando la seccion del agua viva debe ser pequeña, se prefiere emplear tubos que siguen una línea interrumpida desde la agua hasta el depósito de llegada. Estos tubos pueden ser

e madera, piedra, mampostería, plomo, fundicion de fierro, &c., on tal que ofrezcan bastante resistencia contra la presion del agua, ue es tanto mas considerable, cuanto el tubo se coloca mas bajo re-ativamente á la toma de agua.

»Este modo de conduccion presenta grandes ventajas, porque el onducto sigue las inclinaciones naturales del suelo, desciende en los ugares profundos, remonta sobre los flancos de las cuestas, se pres-a en una palabra á todos los accidentes del terreno, pero ellos tie-en inconvenientes, de que conviene formarse una justa idéa.

»Vamos á examinarlos sucesivamente, no considerando la cues-ion sinó de un modo general, y reservarémos volver á detenernos as sobre los detalles relativos al establecimiento de los conductos en a seccion destinada esclusivamente á la distribucion de las aguas.

»Cuando se trata del paso del agua por un tubo, la *uniformi-lad del movimiento* se realiza por medio de ciertas condiciones que on: que el tubo ofrezca una seccion trasversal constante; que por odas partes esté lleno de agua; que sea derecho ó no tenga sinó in-exiones poco sensibles; que el depósito de donde parte sea constan-emente alimentado, de modo que permanezca sobre el orificio de ntrada una carga de agua invariable y suficiente; que la presion obre el orificio de salida sea tambien constante; que en fin, la lon-itud del tubo esceda un cierto límite mas allá del cual el fenómeno e la contraccion se oponga á la resistencia del movimiento por file-es paralelos. Pero estas condiciones se verifican frecuentemente en los onductos de agua, y se puede uno servir con confianza, en la prác-ica, de la fórmula que se aplica al movimiento uniforme."

Las fórmulas de que usa son las mismas que las de *Mr. Pro-ny*, que son las nuestras, pero con la circunstancia de que *Mr. Ge-aïeys* no atiende á la variacion de la gravedad, y por lo mismo sus órmulas, así como las de *Mr. Prony*, solo pueden servir con exac-itud cuando mas para las inmediaciones de París, siendo así que as nuestras convienen á todas las localidades del Globo.

322 Acerca de la resistencia que proviene de los recodos, se espresa en los términos siguientes:

"La mudanza ocasionada por un recodo en la direccion de las moléculas de una masa fluida en movimiento, coopera á disminuir la velocidad; es decir, que el recodo de un conducto produce una re-sistencia, y que hay una parte de la fuerza motriz empleada en des-truirla, para que el gasto sea el mismo.

»*Dubuat*, queriendo obtener una espresion general de esta resis-

tencia, emprendió una série de esperimentos para determinar el
mento de carga necesaria para imprimir una misma velocida
agua en un tubo acodado, que cuando estaba recto y tenía la mi
longitud. Ensayó despues unirlas por una fórmula, que juzgó t
mas cierta, cuanto encontró los resultados bastante aproximado
aquellos á los cuales las observaciones le condujeron.

»Segun él la espresion de la resistencia particular á un re
es $\frac{V^2S^2}{m}$, en la cual V representa la velocidad del agua, S el
del ángulo de reflexion, y m un número constante que *Dubua*
encontrado igual á 2998,50 cuando se toma la pulgada por unidad li
cuando es el metro, la espresion es $\frac{V^2S^2}{81}=0{,}0123V^2S^2$ (Esta red
á medidas españolas, será $0{,}0441435V^2\times\text{sen.}^2$)."

323 Acerca de la resistencia debida á la introduccion del
se espresa en estos términos.

"Las resistencias, de que acabamos de hablar, no son las
cas que presentan obstáculos al curso del agua. El aire, que
un conducto en el instante en que se le pone la carga, aume
del que el agua lleva, se aloja en las partes mas altas, y cuan
ha reunido en cantidad suficiente disminuye la seccion de ag
puede aun impedir de todo punto el paso; porque esta porci
aire alojado en el recodo de él llena enteramente, resiste á la
duccion del agua en el conducto, adquiere densidad y acaba p
par el paso despues de haber disminuido poco á poco su produ

324 »Acerca de los *medios que se deben emplear para d*
nuir el efecto de las resistencias, dice así:

»Nada puede impedir los rozamientos del líquido contra la
redes del conducto; pero se pueden disminuir los otros inconve
tes. Cuando el conducto muda de direccion, se da á la curvatu
mayor desarrollo posible para evitar las vueltas bruscas y re
nas, y disminuir la pérdida de carga. Si el pliegue del terre
en el sentido vertical y de poca estension, se prefiere nivelarl
un corto acueducto; el gasto es menor y las reparaciones n
frecuentes. Cuando el conducto debe pasar por debajo de un ca
atravesar un rio, penetrar en una montaña, no se puede mén
encerrarlo en un acueducto de mampostería para reconocerlo

mente, y asegurarse de las partes que exigen reparaciones.

»Se tienen varios medios para evitar el efecto del aire. El primero se reduce á colocar en los puntos culminantes una llave ó grifon, la que se hace girar para que salga el aire, siempre que se advierte que el agua deja de llegar, y cuando se unen las aguas de los dos brazos del conducto, se cierra el grifon, y el paso se restablece.

»El segundo consiste en dejar un recodo abierto ó en colocar una cubeta que comunique con la atmósfera. No se puede en este caso hacer llegar el agua á un nivel mas elevado que el de esta cubeta, y toda la inclinacion comprendida desde este nivel á la toma del agua es perdida, tanto para la velocidad del paso ulterior, como para el grado de altura que es permitido darle á su salida.

»El tercero, que es el mas empleado, se reduce á colocar en este recodo un tubo introducido sobre el conducto y sostenido por un pilar ó de madera, sea de mampostería, cuya altura es igual á la de la carga motriz disminuida en la pérdida debida á los rozamientos desde el orígen del conducto. El agua sube en este tubo, obtiene en él esta altura y permanece suspendida. Nada impide aun el construir allí un depósito, que podrá servir de cambija para derivar otros conductos y llevar el líquido á *diversos lugares*.

»Estos depósitos ó cambijas, colocadas de distancia en distancia, tienen la ventaja de indicar las partes del conducto donde se hacen las pérdidas y que piden reparaciones, porque en cada uno de estos depósitos, es fácil medir la cantidad de agua vertida, y reconocer la parte de la cañería donde el producto se disminuye.

»En fin, se puede aun poner por ventosa un tubo vertical muy corto, cerrado con una válvula pesada. Cuando la condensacion del aire viene á ser bastante para forzar la válvula, él se abre por sí mismo una salida y jamas se detiene el paso.

»Se crian frecuentemente en los conductos raices que toman bastante acrecentamiento para tapar los tubos. Los fontaneros llaman estas producciones *colas de zorra*. Nacen de semillas que el agua arrasporta, ó se engendran por raices que se han abierto paso en las uniones del conducto, y pueden ser aun debidas á otras causas; el hecho es, que esta multitud de fibras entrelazadas suelen llenar la capacidad entera de los tubos y taparla enteramente.

»En las partes mas bajas, y en los recodos donde el agua tiene menos velocidad, se forman depósitos que provienen ya de sales calcareas que están disueltas en ellas, ya de arenas y limo, que se

encuentran con precision; y á fuerza de reunirse y aumentarse est depósitos, terminan al fin por tapar el conducto.

»....Se reconoce el lugar donde está el obstáculo atando un corcho un hilo, y abandonándolo al curso del agua en el conducto; el co cho se detiene en el punto de que se trata; y si para....., se pue unir algun instrumento al estremo de la cuerda que se supone tem bastante resistencia; de modo que retirándola salgan las peti ficaciones *.

»En virtud de esto, se deduce que el paso del agua en tub de conduccion exige que se pueda disponer de una carga motriz mu cho mayor que cuando se emplean canales de derivacion ó acu ductos; porque el perímetro mojado siendo mayor relativamente á seccion de la corriente, y el conducto mas largo, hay mas rozamie tos; que los recodos mas señalados producen igualmente retroce perjudiciales, y resistencias, que la presencia del aire, cualesquie que sean los medios puestos en uso para desembarazarse de él, pe senta siempre un obstáculo al curso del agua; y que los depósit que se forman disminuyen poco á poco el producto del paso.

»No se pueden remediar estos inconvenientes, sinó haciendo conductos forzados lo mas cortos posibles, no aplicándolos sino distribuciones por menor.

325 »Acerca de la *distribucion de las aguas*, dice:

»Cuando se examinan las obras destinadas á conducir y partir las aguas á una gran ciudad para el abasto de sus ha tantes, ellas admiran tanto mas, cuanto son en general de aplicacion poco conocida. Considerándolas de mas cerca, se perc bien pronto que muchas de ellas se reunen y que se las pue agrupar de modo que no formen sinó algunas clases bien disti tas. El objeto que uno se propone es hacer circular las aguas. Ap licemos los medios de que se hace uso para conseguirlo. Para ell distinguirémos el punto de partida ó la toma de agua, el conduc y el punto de llegada ó donde ella se derrama. La toma de agu puede hacerse 1.° en un rio, por medio de una bomba aspirante

* Estas petrificaciones vienen á ser carbonato de cal, y forman especie de incrustaciones de mármol. Son debidas á que el agua, cuando lleva un esceso de ácido carbónico, puede disolver al carbonato de cal que, por sí es insoluble; al pasar el agua por el conducto siempre sufre alguna evaporacion, y el carbonato de cal se precipita con este motivo, y pegándose á las paredes de los encañados, llegan estos á obstruirse.

apelente *. 2.° En un despósito alimentado por máquinas ó por un onducto. 3.° En fin sobre un conducto principal.

»El conducto se compone de muchas partes; se ven en él, *tubos* ue pueden diferenciarse por la cantidad de la materia que sirve ara formarlos y por el modo de reunion de los grifones, que sir- en para interceptar ó restablecer el paso de las aguas; de las *ven- osas*, que dan una salida al aire, á fin de que su presencia en el onducto no impida el movimiento del agua y no conspire á dis- minuir el producto del paso.

»El punto de llegada ó derrame, segun las aguas están desti- adas al servicio público ó particular, presenta una gran variedad e efectos. Se puede hacer que las aguas sirvan para hermosear las lazas y paséos obligándolas á esparcirse de diferentes maneras, omo despeñarse en cascadas, saltar ó elevarse formando garzotas penachos, ó salir con impetuosidad de una masa de rocas &c. Se las uede hacer concurrir á la salubridad, por el lavado de las calles de los albañales, ó emplearlas en los diversos usos de la vida, istribuyéndolas en las casas ó establecimientos industriales."

326 Lo que dice Mr. Genieys acerca de los recodos, es muy nteresante, pues haciendo uso de la fórmula de *Dubuat*, deduce ue un *recodo destruye una parte de la carga equivalente á* ,0086434 *de metro*; y él por sus esperimentos deduce 0,012; osotros tomarémos un término medio entre estos, y dirémos que *n recodo origina una pérdida en la carga total de* 0,0103217 e metro, que equivalen á 0,03704 de pie español ó á 5,334 ineas españolas. De manera, que si un conducto estando calculado ara tubos que estuviesen en línea recta, hubiese de tener ocho ecodos, deberíamos añadirle el producto de 5,334 líneas por 8; o que da 42,672 líneas; lo cual nos quiere decir que la altura del epósito debería tener 42,672 líneas de mas, ó lo que es lo mismo n poco mas de tres pulgadas y media.

327 Pasa despues *Mr. Genieys* á considerar la presion variable ue se ejerce en cada punto sobre la pared del conducto; y dice:

"El agua se mueve en virtud de la carga que se ejerce sobre el rificio superior, y del peso de la masa de agua en las partes des- endentes del conducto, el todo disminuido de la porcion de la carga sorvida por los rozamientos contra las paredes y por el peso de masa de agua en las partes ascendentes del conducto ó sobre el rificio inferior.

* Ó por cualquiera otra máquina hidráulica.

»De aquí se sigue que se hace constantemente una especie d division de la *potencia* ó *fuerza motriz*. Una parte se empléa e producir la velocidad del agua en el conducto; otra en vencer lo rozamientos con las paredes; y otra en sobrepujar la resistencia qu proviene del peso del agua que obra en sentido contrario del mo vimiento.

»Esta parte de la potencia, es la que determina principalment una *presion* contra las paredes del conducto. Ella es muy débil en lo canales descubiertos, donde toda la fuerza motriz es por decirlo as empleada en imprimir la velocidad ó en vencer los rozamientos con tra las orillas; pero en los *conductos forzados*, ella puede ser muy considerable."

"Pasemos ahora á determinar la fórmula que sirve para arre glar el espesor de los tubos. Para encontrarla, examinemos como lo acrecentamientos de los diámetros hacen variar el gasto. Designemos por e el espesor de un tubo de conduccion; por r el radio del tubo por P la presion normal que sufre referida á la unidad de superficie, y por R la mayor tension que se quiere hacer sufrir á las fibras d materia del tubo, sobre esta unidad superficial.

»No se mudará nada al estado de equilibrio si, en el momento de la rotura, se supone que el tubo está separado en dos por una pared fija dirigida segun su diámetro.

»La presion que el líquido ejerce sobre esta pared está espresada por $2Pr$. La resistencia que se verifica en los puntos de contacto está espresada por $2eR$. Luego se tiene $2eR=2Pr$, ó suprimiendo el 2 sera $eR=Pr$; que es la ecuacion que deberá servir para fijar el espesor de los tubos.

»La cantidad R depende de la materia de que el tubo está formado, y es siempre dada por la esperiencia.

»La cantidad P espresa la presion normal que el tubo sufre referida á la unidad de superficie. Ella es pues variable. Mas como los tubos están espuestos por la cerradura repentina de las llaves á sufrir golpes de ariete, cuyo efecto se desenvuelve en razon de la masa líquida en movimiento, multiplicada por el cuadrado de la velocidad, es necesario examinar de antemano si estos tubos pueden sostener una presion considerable; por lo que se necesita probarlos ántes de que sean empleados.

»Por lo que P debe ser igualmente mirada como constante en la ecuacion.

»Por consiguiente, el espesor de los tubos es simplemente pro-

orcional á su diámetro, y el peso que constituye el gasto aumenta omo el cuadrado de estos diámetros.

»Conociendo así las espresiones de los gastos relativos al establecimiento de las máquinas y de los conductos, y la influencia contraria que una variacion en la altura á que se eleva el agua puede ejercer sobre ellas, se tratará en cada caso particular, de determinar el nivel de los depósitos y los diámetros de los conductos, de modo que a suma de estos dos gastos sean un *mínimo*.

»Los tubos que sirven para la conduccion de las aguas, pueden er 1.° de madera natural; 2.° de madera encorvada; 3.° de alfafería; 4.° de piedra natural; 5.° de piedra artificial; 6.° de plomo; 7.° de fierro batido; 8.° de fundicion de fierro. Se trata de compararlos entre sí bajo el doble aspecto de resistencia y gasto, teniendo n consideracion, no solo los esfuerzos que deben aguantar, sinó las diferentes causas de destruccion, como el orin, la humedad, el modo de unirlos &c.

»Hemos visto que la ecuacion que sirve para determinar el espesor de los tubos tiene por espresion $eR=Pr$; en la que P indica la presion normal que la pared esperimenta referida á la unidad de superficie, y R la máxima tension que se quiere hacer sufrir á las fibras ó materia del tubo en esta unidad superficial.

»La cantidad R depende de la materia de que está formado el tubo, y debe fijarse de modo que, suponiendo que la pared sufra la carga permanente que indica, no se altere por ella su naturaleza física. Existen pocos esperimentos especiales que hagan conocer con certidumbre segun las diferentes sustancias que sirven para la formacion de los tubos, el límite de que se trata."

328 *Mr. Genieys* presenta en el párrafo 291 una tabla donde reune el resultado de los esperimentos mas exactos que existen sobre esta materia, y que le sirven de base para establecer lo que sigue:

"Las nociones presentadas en esta tabla dan á conocer de un modo aproximativo los límites de los esfuerzos que se pueden hacer, ya para verificar la rotura de los cuerpos, ya para alterar su naturaleza física. Pero no bastan para determinar las dimensiones de las piezas empleadas en los trabajos hidráulicos. No es suficiente, en efecto, haberse uno asegurado de que las fuerzas que obran en cada pieza, no causen inmediatamente su rotura, ni aun el que la accion permanente ó frecuentemente repetida de estas fuerzas no produzca alteraciones que puedan aumentar con el tiempo y originar su destruccion; e debe aun en cuanto sea posible, determinar el espesor de los tubos

para precaver las causas que los deterioran, y que dependen con
derablemente de las acciones químicas de los cuerpos. Así, la h
medad conspira sin cesár á destruir los tubos de madera, el or
ataca los tubos de fundicion de fierro, los ácidos se combinan con
plomo; de manera, que sinó se les diese mas que las dimensiones q
resultan de la solucion directa de los problemas relativos á las resi
tencias de los sólidos, no se hubiera hecho aun bastante para
seguridad.

»Estas determinaciones no son susceptibles de una precision a
solutamente rigorosa; pues la esperiencia no ha suministrado toda
suficientes resultados sobre este objeto.

»Sin embargo, como es muy esencial tener una regla que sir
de guia en las diferentes circunstancias, vamos á comparar los
pesores de los tubos que da la fórmula con los que se emplean or
nariamente; lo que nos facilitará el deducir de aquí el valor de
constante ó exceso de espesor que se deberá añadir para cada espe
de tubo."

329 Y despues de presentar los resultados que hasta ahora
tienen de la esperiencia y otras deducciones juiciosas que hace, p
cede á determinar los gruesos que se deben dar á los tubos; y r
pecto de los de plomo y de fierro, que son los que mas uso pue
y deben tener en los trabajos hidráulicos, se esplica de este mod

"Los tubos de madera se pudren con facilidad cuando se colo
en tierra; pocas veces se hallan árboles sanos y que presenten
resistencia uniforme, de modo que, en general, no se deben empl
estos tubos sinó para conducciones aisladas, donde el agua no es
rimenta una presion superior á dos atmósferas *. Los conductos p
la distribucion de las aguas á los diferentes cuarteles de Londres

* Esta idéa de tomar por unidad de medida la presion atmosfé
es la mas vaga é indeterminada que se puede concebir; á causa de
nada hay mas variable en la naturaleza que dicha presion. En efec
ella varía con la latitud y con la altura sobre el nivel del mar
ademas en un mismo parage varía á cada instante. A pesar de es
inconvenientes, se ha tomado por unidad de medida para todo lo
lativo al vapor del agua en las bombas de fuego, y en otras apli
ciones á diferentes objetos de utilidad; mas cuando se hace uso
esta unidad de medida, se supone que la presion atmosférica es
de una columna de mercurio de 0,76 centímetros; y como este me
es unas trece veces y media mas pesado que el agua, resulta que
on atmosférica equivale á la presion de 10,26 metros ó de 36,
españoles; de manera, que la frase del autor de *dos atmósfer*
ro si dijese de 73,666 pies españoles.

rís eran en otro tiempo todos de madera. Pero cuando se quisie- establecer máquinas de vapor y aumentar la presion, se abrie- rendijas en todos sus puntos y se vieron precisados á reempla- los con tubos de fundicion de fierro. En el dia ya no existen.

» Los tubos de plomo esperimentan una alteracion sensible por la ion de los ácidos cuando se les coloca por ejemplo en tierras sa- osas; si forman un conducto en que el agua pueda tomar una ta velocidad y producir golpes de ariete por el cerramiento re- tino de las llaves, se manifiestan con bastante frecuencia ventea- as que disminuyen el grueso de la pared, porque el plomo es com- sible, pero no elástico. La prudencia exige que se adopte un es- de grueso de 0,0045 de metro (unas 2 líneas españolas): lo l da para la ecuacion de la resistencia $e=0,005nd+0,0045$.

» Los tubos de fierro batido no se emplean en los trabajos de ribucion de aguas, á causa de la dificultad de unirlos. Se hacen él recipientes y calderas, y se da á las láminas de fierro batido exceso de espesor ó de grueso de $0,003^m$ (una y media línea es- ola) para salvar el inconveniente de la oxidacion; de donde re- a $e=0,0005nd+0,003$.

» Los tubos de fundicion de fierro son los que se usan de prefe- cia por la facilidad que se tiene, al moldearlos de hacer variar diámetro y darles un espesor capaz de hacerles resistir á las fuer- presiones. Se oxidan como los de fierro batido: ademas rara vez btiene fundicion de un grano perfectamente homogéneo, lo que ha rminado á que se aumente el espesor en un centímetro (unas 5 as españolas) cualquiera que sea el diámetro de los tubos.

» Luego tendrémos $e=0,0007nd+0,01$.

» La fuerza de los tubos de fundicion depende mucho de los cedimientos empleados al moldearlos.

» Se acostumbra colocar el núcleo horizontalmente en el molde, resulta de aquí.

1.° » Que la materia fluida desvia el núcleo y le levanta; lo que gina el que el tubo resulta con ménos espesor por arriba que por ajo; y que esté espuesto á ser ovalado y no cilíndrico.

2.° » Que las búrbujas de aire y las escorías suban á la parte perior y formen rebentaduras que debilitan mucho el tubo.

» Se remediarán en parte estos inconvenientes colocando el núcleo rticalmente en el molde, pero los maestros de fragua no quieren guir este procedimiento, porque exige mas escrupulosidad y aumenta poco el precio de la mano de obra; así es, que solamente las dos

terceras partes de sus tubos resisten á la prueba que se les hace sufrir ántes de emplearlos.

»El reconocimiento y prueba de los tubos tienen por objeto el hacer desechar los que adolecen de las faltas siguientes.

1.° »Aquellos cuyo grueso, en lugar de ser uniforme en todo su contorno es mas debil por un lado que 0,002 de metro (una línea española) de lo que debe ser.

2.° »Aquellos cuyo contorno, ya interior, ya esterior es elíptico en lugar de ser circular, y cuya diferencia de diámetros escede á 0,003 de metro (línea y media española).

3.° »Aquellos en que se advierten escarabajos ó grietas que conspiran á disminuir la fuerza de la fundicion.

4.° »En fin, aquellos que sometidos á la carga de una columna de agua de 100 metros de altura (359 pies españoles) dejan escapar el agua por pequeños intersticios, ó se rezuman.

»Las verificaciones relativas al peso y á las dimensiones, se ejecutan con el auxilio de una balanza, del metro y del compas de espesor.

»Se asegura uno de los escarabajos y de las grietas, sacudiendo en los tubos suaves martillazos.

»No debemos atenernos á las pruebas que han podido hacerse en la oficina de fundicion, al ménos es prudente renovarlas en lugar de emplearlos ántes de colocarlos en su lugar.

»La esperiencia ha probado que el vaiven de los carruages, sin ocasionar hendiduras precisamente ú otra falta notable de continuidad, obra sensiblemente sobre las partes mas defectuosas del metal, hasta el punto de no ser posible muchas veces hacer uso de ellos.

»En otro tiempo no se daban sinó tres pies de longitud á los tubos de fundicion; pero en el dia que se ha perfeccionado su fabricacion * se les da desde 2 metros á 2,^{m}70 (de 7 á 10 pies españoles) para no multiplicar demasiado las junturas."

* Tenemos la mayor satisfaccion en anunciar, que ya existe en España un establecimiento en que se funde y forja el fierro con la perfeccion que se puede apetecer, planteado con arreglo á los conocimientos modernos; y siendo la fabricacion y purificacion del fierro una de las fuentes mas abundantes de prosperidad en Inglaterra, Suecia, Prusia &c., en que el mineral de fierro ni es tan esquisito ni tan abundante como el de España, si en nuestro pais se multiplicase competentemente el establecimiento de hornos altos y la elaboracion del fierro por el procedimiento que se llama *á la inglesa*, que está fundado en las mas felices aplicaciones de las Matemáticas, y que describirémos en la obra que preparamos con el título de *Riqueza mineral de España*, sería esto el complemento de la felicidad de nuestra Península y de sus beneméritos habitantes.

A pesar de que en el espresado establecimiento se construye cuanto

330 No pudiendo nosotros detenernos en todos los detalles, de-
nos indicar que en la espresada obra de *Mr. Genieys* se encuentra
tante circunstanciadamente cuanto conviene tener en consideracion
rca de los medios de ejecutar las construcciones, estendiéndose
petentemente sobre los grifones ó llaves de las fuentes, sobre las
tosas, &c., &c.; pero lo que no queremos ni podemos dejar de
resar es que en la construccion de las grandes conducciones, es
ispensable atender á la dilatacion que produce el calor y la con-
ccion que produce el frio, para poner de distancia en distancia

---

esta parte se puede apetecer, he visto con dolor mientras he per-
necido en el Estrangero, que se han hecho muchos pedidos de Es-
a fuera del Reino sobre esta materia, sin duda por ignorar que
nuestro pais se puede proporcionar ya cuanto se necesite en este
o con ménos gastos, siendo los artefactos de igual ó superior
idad.

Por lo que juzgamos oportuno, conveniente y necesario el dar una
icia del espresado establecimiento, de cuya prosperidad y de que
formen otros á su imitacion han de resultar ventajas de considera-
á los Españoles.

La fábrica, de que hablamos, conocida con el nombre de Artun-
ga, se halla situada en un barrio de este nombre en la Ante-
esia de San Miguel de Bascuri en el Señorío de Vizcaya; está junto
camino Real que va de la ciudad de Orduña á Bilbao una legua
es de esta última Villa; pertenece en el dia á D. Ramon de Ma-
redo y Gomez de la Torre, vecino y del comercio de Bilbao, cuyo
mano mayor el difunto D. Lope, sugeto de grandes conocimientos
iendo viajado por toda Europa y visto muchas fábricas en el curso
sus viages, se lastimaba de que en su pais natal, el mas propio para
ricas de fierro, no hubiese una siquiera de 1.ª fusion, ó sean hor-
altos, reverberos &c.; y llevado de sus sentimientos patrióticos,
reparar en gasto alguno, pues es bien sabido el mucho dinero que
sta el emprender obras de esta naturaleza en un pais donde no se
e el menor conocimiento de ellas, resolvió emprenderla, y la tubo
cluida á fin del año de 1807.

Nadie tenía nociones en el pais Vascongado de las fundiciones de
ro colado, ni conocia el moldéo y demás operaciones &c. Fué,
es, necesario hacer venir del estrangero maquinistas, fundidores y
ldeadores, obligándolos á sacar aprendices que á los pocos años pu-
sen sustituirles, y se logró á costa de grandes sacrificios hacién-
os en la parte de ollas ó potes independientes de los estrangeros,
quedó fijada esta industria en el suelo Vizcaino con gran ventaja
los labradores y demas habitantes de San Miguel de Bascuri, que
an su vida en los acarréos de venas, carbones, fierros y otros
ctos; en los moldéos y demás operaciones de la fábrica, que, eje-
ándose la mayor parte en tiempo de invierno, les ofrece la ventaja
ganar un buen jornal á cubierto de la inclemencia, cuando no po-
n ganarle en ninguna otra parte; siguiéndose el resultado natural
que cuanto allí se gasta refluya en beneficio de todo el pueblo que,
que compuesto de 115 vecinos, solo tenía una ó dos yuntas de
yes al empezarse la fábrica, y hoy son muchos los que las tienen,

tubos compensadores que eviten los graves perjuicios que, sin atender á esta circunstancia, podrían resultar.

331 Como el modo de que usa el Autor para determinar las resistencias, y gruesos que se deben dar á los tubos, es nuevo bajo cierto aspecto, y por otra parte es el punto que mas dificultades presenta por no haber suficientes datos esperimentales, y porque los que existen no estando todos referidos á unas mismas medidas, causa mucho embarazo y espone á muchas equivocaciones la reduccion frecuente que es indispensable hacer de unas pesas y medidas á otras, no se debe estrañar el que no se presenten estos con toda la claridad que exige su importancia.

Mas para facilitar á nuestros lectores el que puedan hacer uso de las fórmulas anteriores, las reducirémos á nuestras medidas, y harémos aplicacion de cada una de ellas á un ejemplo particular.

Para esto, debemos advertir ante todas cosas que en las ecuaciones anteriores, el número n espresa el número de atmósferas á que equivale la presion del líquido; pero suponiendo esta presion valuada por la de una columna de agua de 10 metros de altura; por manera que para hacer aplicaciones con relacion á la altura total del agua, que nosotros espresarémos por A, deberémos suponer

---

viven con bastante ensanche y cultivan por decontado sus tierras mucho mejor que ántes.

En la actualidad el establecimiento se compone de lo siguiente:

1 Rueda hidráulica que da movimiento á 2 fuelles iguales á los que se usan en Francia, conocidos con el nombre de Pistones, los cuales dan el aire suficiente para el horno alto de primera fusion=2 hornitos á la inglesa para obras de segunda fundicion y para dos fraguas.
1 Rueda id. para el torno, la cual da al mismo tiempo movimiento á una máquina de aserrar chapas de caoba y otras maderas finas que en el piso segundo tiene establecido con Real privilegio su pariente D. Celestino de Mazarredo.
1 Rueda id. para limpiar, pulir &c. las planchas de aplanchar la ropa, lo mismo que para afilar y pulir todo lo demás que se ofrezca.
2 Hornos grandes de reverbero.
4 Fraguas con fuelles movidos á brazo.
1 Grande moldería.
2 Grandes carboneras y á mas otros almacenes y habitaciones para maestros y obreros.

Los artículos que se trabajan y pueden trabajarse, con presencia de modelos bien hechos, son los siguientes.

De fierro colado ó fundido.

Ollas ó potes con tapas ó sin ellas de los números 4, 5, 6, 7½, 10, 12, 15, 18, 24, 30, y 36 por cada carrada compuesta de tantos potes como representa su suma, esto es, 4 potes la del número 4, y asi sucesi-

ie n es igual con $\frac{A}{10}$ ó lo que es lo mismo con $0{,}1A$.

Sustituyendo por n este valor en las ecuaciones anteriores y multiplicando despues toda la ecuacion por 3,5889 que son los pies españoles que tiene el metro, se nos convertirán en las siguientes.

Para los tubos de plomo resultará

$=0{,}00179445\times A\times d+0{,}01615$ (145).

Para los tubos de fierro batido, ó sea tambien para determinar grueso que se debe dar á las planchas de las calderas de las bomas de vapor, se tendrá $e=0{,}000179445\times A\times d+0{,}010767$ (146).

Y para determinar el grueso que se debe dar á los tubos de adicion de fierro, se tendrá la fórmula siguiente:

$=0{,}0002512\times A\times d+0{,}035889$ (147).

En estas tres fórmulas, A representa la altura de las aguas en nivel superior del depósito sobre el parage mas bajo del tubo, es-

---

mente. . . . . Rs. vn. 310.
Id. id. Tomando en pequeñas partidas de los números 36, 30, 24 y cada carrada á 360 rs. vn.
Id. id. de los números 15, 12, 10, 7½, 6, 5, y 4, id. á 340 rs.
Tomando partidas en grande, se hacen rebajas adecuadas.
Hornillas para el uso de las cocinas cuadradas y redondas, á saber; cuadradas del número 1.º de seis pulgadas por lo interior á 11 rs. la una; número 2 de 7 pulgadas á 13; número 3 de 7½ á 8 pulgadas 16; y asi sucesivamente. Redondas las hay de dos tamaños, á razon de 18 rs. cada una; pero se pueden hacer del tamaño que se quieran á razon de 1½ rs. vn. la libra.
Morteros ó almireces con sus mangos ó sin ellos para cocinas, bocas &c. á 1½ rs. vn. la libra.
Trasfuegos para cocinas y chimenéas, segun su tamaño y peso á razon de 1½ á 1½ rs. vn. la libra.
Morillos para chimenéas francesas sobre los que descansan los tros de leña á razon de 1½ á 2 rs. la libra.
Curvas ó recodos para barcos y fábricas de casas á razon de 1 real vn. la libra.
Almadanetas de todos tamaños, id.
Mandarrias, id. id.
Pesas afinadas para pesar en piezas de 4 @, 2 @, 1 @ y ½ @ id.
Barras ó galápagos de todos tamaños para lastrar barcos á razon de 70 rs. el quintal.
Yunques y mazos para ferrerías, martinetes &c., á razon de 1½ rs. vn. la libra.
Mesas para fanderías con sus adherentes, id.
Guijos con sus trompos ó sin ellos para ingenios de azucar, torneados sus muñones, á razon de 160 rs. el quintal.
Ruedas lisas y dentadas de todos tamaños, pequeñas con grandes á razon de 2 rs. vn. la libra.
Cepos, medias lunas y toda otra pieza de maquinaria de la clase

presada en pies españoles, y *d* representa el diámetro del mismo tubo espresado tambien en pies españoles; y traduciéndolas en regla, resulta que la (145) nos da la siguiente para la práctica:

Para determinar el grueso que se debe dar á un tubo de plomo de un diámetro determinado en pies españoles, para que sufra la presion de una carga de agua, determinada tambien en pies españoles, y que resista á las alteraciones de los ácidos y demas, practíquese lo siguiente: se multiplicará la carga por el diámetro, espresadas ambas cantidades en pies españoles; el producto se multiplicará por el número constante 0,00179445; *y el producto que resulte, se le añadirá el número* 0,01615; y la suma espresará en pies ó en partes de pie español el grueso que debe tener el tubo de plomo.

Ej. Supongamos que se nos pida determinar el grueso que ha de tener un tubo de plomo de 6 pulgadas de diámetro, para que resista la presion de una columna de agua de 200 pies. Para esto multiplicaré la carga 200 por $\frac{1}{2}$ ó por 0,5 de pie á que equivalen las 6 pulgadas que tiene de diámetro, y saco el producto 100, que multiplicado por el número constante 0,00179445, da 0,179445, al cual añadiendo 0,01615, se convierte en 0,195595 de pie español que hacen 2 pulgadas y 4 líneas.

332 La (ec. 146) nos suministra la siguiente regla: *para d*

---

que se pida, pequeñas con grandes á razon de 2 rs. vn. la libra.

Cilindros lisos y bien torneados con sus adherentes, piñones segun su tamaño y peso de 2 á 2½ rs. vn. la libra.

Cilindros bien torneados y á mas acanalados id. id. de 2½ á 3 rs. vn. la libra.

Balaustres y berjas bien sean lisos, ó con mazorcas, perillas, botones, ú otros adornos de 1½ á 1½ rs. vn. la libra.

Bujes para coches, carros de Artillería &c. á razon de 2 rs. vn. la libra.

Planchas para aplanchar ropa de los números 3, 4, 5, y 6 tomadas por partidas é igual cantidad de todos números, se dan á razon de 10 rs. vn. cada plancha una con otra.

Jarrones ó vasos etruscos para plantar flores &c. á 1½ rs. vn. la libra.

Tubos ó cañería, tanto cerrados como abiertos para la conduccion del gas, aguas á las fuentes y regadíos de huertas, jardines &c., de 3 hasta 14 ó mas pulgadas de diámetro interior con el grueso correspondiente y de 2 á 3 varas castellanas de largo cada tubo, á razon de 1 á 1½ rs. vn. la libra, siendo los mas baratos los de mayores dimensiones.

Tengo igualmente la satisfaccion de haber visto en la Esposicion pública de este año de 1831 muchos y escelentes artefactos de procedentes de la empresa de ferrería titulada nuestra Señora del [illegible]ion, situada en Rio Verde, término de Marbella, cuyo Director Diego María Lopez, del comercio de Málaga.

rminar el grueso que se debe dar á un tubo de fierro batido pa- *que resista á una presion representada por la altura de una* *lumna de agua espresada en pies españoles, y cuyo diámetro* *a tambien determinado en la misma medida, se practicará lo* *guiente: multiplíquese la altura de la columna de agua que re-* *resenta la carga ó presion por el diámetro del tubo; y el pro-* *ucto que se obtenga vuélvase á multiplicar por el número cons-* *nte* 0,000179445; *al producto que resulte añádase el número* *010767 que tambien es constante*; y se tendrá el grueso que se *eba dar al tubo espresado en pies españoles.*

Ej. Supongamos que se quiera determinar el grueso de un tubo fierro batido ó laminado para que sostenga la carga de una co-mna de agua de 200 pies españoles, y cuyo diámetro sea de 6 lgadas. Practicando la regla encuentro 0,0287 de pie español, equivale á 0,345 de pulgada ó á 4 líneas españolas.

333 La (ec. 147) traducida en regla nos suministra la siguien- *para determinar el grueso que se debe dar á un tubo de fier-* *fundido ó colado de un diámetro interior espresado en pies es-* *oles, para que resista á una carga de agua determinada en* *nisma medida, se multiplicará el diámetro del tubo por la car-* *el producto se volverá á multiplicar por el número constante* *002512; y al producto que se obtenga se añadirá el número* *bien constante* 0,035889; *y la suma espresará en pies ó par-* *de pie español, el grueso que se deberá dar al espresado tubo* *fundicion de fierro.*

Ej. Haciendo aplicacion al mismo caso de ser la carga 200 españoles y 6 pulgadas en diámetro, se halla que el grueso del debe ser 0,061 de pie español, que hacen 0,732 pulgadas ó a de 9 líneas españolas.

334 Tambien se hallan en el *Tratado de Física de Mr. Beu-* *t* varias idéas que tienen relacion con nuestro objeto y de que te-mos ya hechas algunas apuntaciones para insertarlas; pero como a obra se halla traducida en Español con notas y adiciones de cha importancia por nuestro condiscípulo *don Nicolas Arias*, itirémos lo que teníamos pensado estractar; pero, recomendando estudio de dicha obra, que ha ganado mucho con publicarse en ano, pasemos á insertar aquí lo mas adecuado á nuestro inten-de los *Elementos de Física Esperimental y de Meteorologia* C. S. M. M. R. Pouillet. El tomo 1.° parte 1.ª impreso en 1827 ncipia del modo siguiente:

"Los fenómenos naturales que se producen en la tierra, y los que aparecen en el cielo, son para todos los hombres un grande objeto de meditacion; los espíritus ménos cultivados los miran con asombro; los espíritus mas elevados, los comtemplan con admiracion; y todos, por una facultad comun, procuran señalar en sus apariencias, algunas propiedades mas ó ménos sorprendentes, ó algunas verdades mas ó ménos profundas. El deséo de penetrar en un asunto tan maravilloso nos arrastra, á pesar nuestro; desprendámonos un momento de los cuidados y distracciones de la vida; y fíjese nuestra atencion en el cuadro de los fenómenos de la naturaleza; unas veces se dirigen al conjunto, y recorren curiosamente la vasta estension del horizonte; otras se detienen en un punto, y siguen el curso de un fenómeno ó los periódos de un movimiento. Hemos nacido observadores; y bajo este aspecto, todos los hombres son físicos. Pero reflexionando acerca de tantas cosas diversas, contraemos el hábito de generalizar los resultados de nuestras reflexiones; salimos de los límites de que ven nuestros ojos y de lo que se demuestra por sí mismo; queremos asimilar los efectos observados para elevarnos hasta las causas que los producen; entónces es cuando principia la incertidumbre de nuestros juicios; y cuando los talentos despejados hacen ver todo su poder, y los otros toda su debilidad.

Pág. 21 »Las búrbujas de jabon que dan tan brillantes colores, son láminas delgadas de agua, cuyo grueso ha medido Newton. Cerca de su vértice no tienen comunmente sinó $\frac{1}{10000}$ de milímetro (viene á ser $\frac{1}{20000}$ de línea española); y se reducen á $\frac{1}{1000}$ cuando dejan ver una mancha negra algunos instantes antes de reventar.

Pág. 31 »Los líquidos son en general mucho ménos compresibles que los sólidos.

Pág. 139 "Solamente es necesario observar que el agua de los mares no es un fluido homogéneo en toda la estension de su masa y su temperatura muda con la latitud, y con la profundidad; el grado de salobridad muda tambien; todas estas causas hacen variar la densidad en los diferentes parages, y de aquí resulta una multitud de movimientos por los cuales el equilibrio propende á establecerse. El agua del Océano afluye en el Mediterráneo por el estrecho de Gibraltar, como lo prueba una corriente rápida; pero no se sabe si una corriente contraria, que se verificase á mayor profundidad haría que el agua del Mediterráneo pasase al Océano. Si esta segunda corriente existe, son sin duda producidas por la diferencia

densidad de las capas *; sinó existe, es necesario suponer que Mediterráneo pierde por la evaporacion ó por otras causas, mas a que la que recibe del Nilo, del Ródano, del Danubio y de todos rios que desembocan en él, y que el Océano viene á compen- esta pérdida conservándola en la altura necesaria para el libro.

135 »Hé aqui los resultados obtenidos hasta ahora acerca del l de los mares. Durante la espedicion de Egipto, una comision ingenieros, bajo la direccion de Mr. Le Pére, ha determinado las ras relativas del mar Rojo y del mar Mediterráneo. Esta opera- merece una confianza bastante grande y da por resultado una rencia de nivel muy notable entre estos dos mares, que se hallan próximos al istmo de Suez y que por otra parte comunican con Océano. En las maréas bajas, el mar Rojo está aun elevado 8,^{m}12 os 29 pies españoles, sobre el mar Mediterráneo; y en las maréas s su esceso de altura es de 9,^{m}9 (unos 35½ pies españoles). Asi ncuentra confirmada la opinion de los antiguos sobre los peligros abrir una comunicacion entre los dos mares.... *Mr. Girard* valúa nedida de lo que se eleva el suelo del Nilo en 126 milímetros ca de medio pie español) por siglo. Segun esto, faltan todavía hos siglos para que el Bajo Egipto estuviese solamente al nivel mar Rojo.

»En la operacion de la Meridiana de Francia, Mr. Delambre calculado la altura de Rodas sobre el nivel del Mediterráneo en celona, y su altura sobre el nivel del Océano, que baña el pie la torre de Dunquerque; estas dos alturas casi son iguales entre de donde resulta que si existe alguna diferencia de nivel entre el r Mediterráneo en Barcelona, y el Océano en Dunquerque, es y pequeña.

»*Mr. Humboldt*, en su viage á la América, ha hecho en las tas del Océano atlántico, y en las del mar del Sur, observaciones

* En mi concepto, estas dos corrientes se verifican simultáneamente; ro no por la causa que indica el Autor, sinó por la fuerza centrífuga. En efecto, siendo el movimiento de la tierra al rededor de su de occidente á oriente, y creciendo la fuerza centrífuga á proporn de los radios (§ 423 Mec.) las capas superiores del mar están imadas de mayor fuerza que las inferiores; y por lo mismo deben tar animadas de mayor impulso; por lo que en la superficie se ve mpre entrar agua del Océano al Mediterráneo. Esta cantidad de ua, estendiéndose en el Mediterráneo, pierde su movimiento poco poco; y el agua inferior para que se conserve el nivel, debe reir del Mediterráneo al Océano.

barométricas, de que se puede sacar algun conocimiento acerca de la altura relativa de estos dos mares. De los términos medios de las alturas barométricas tomadas por una parte en Cartagena, en Cumaná y en Veracruz sobre la costa oriental de Mégico; y por otra parte, en Callao y Acapulco sobre las orillas del mar del Sur, resultaría que el mar del Sur estaba mas elevado que el Océano 7 metros (unos 25 pies españoles). Otras observaciones de *Mr. Humboldt* darían una diferencia un poco mayor; pero este célebre viagero no dá los resultados precedentes sinó como una primera aproximacion suponiendo que las desiguales alturas de las mareas, las horas diferentes de los establecimientos de los puertos y la estension mayor ó menor de las variaciones horarias del barómetro, son otras tantas causas que pueden tener una influencia en medidas tan delicadas.

»El nivel del mar Caspio ha sido el objeto de muchas observaciones recientes. Se ha determinado en 1815 por *MMrs. d'Engelhardt* y *Parrot*, en su curioso viage al Caucaso y la Criméa; lo ha sido en 1818 por *Mr. Pansner*; y hácia esta misma época *Mr. Wisniewski*, ha publicado en las Memorias de *Petersburgo* la serie de observaciones que ha hecho con el mismo objeto desde 1812. Todas estas medidas están acordes en colocar el nivel del mar Caspio mucho mas bajo que el nivel del mar Negro; en virtud del resultado medio, se puede estimar esta diferencia en 100 metros (unos 354 pies españoles). Sin embargo, cerca de las costas del mar Caspio, y hasta una gran distancia de sus orillas actuales se encuentran pruebas evidentes de la mansion de las aguas saladas. La naturaleza del suelo, su forma y su composicion química, los despojos de conchas y los esqueletos de pescados de que está lleno, parece no dejar duda ninguna de que el mar en otro tiempo ha cubierto todos estos parages á muchos centenares de leguas de distancia.

»La mezcla de las aguas de los rios con las aguas del mar, presenta igualmente algunos fenómenos de Hidrostática que es bastante curioso observar. El agua dulce siendo mas ligera, debe permanecer en la superficie, mientras que el agua salada debe, en virtud de su mayor peso específico, formar las capas mas profundas.

Pág. 146 »La pesantez del aire, que había sido sospechada en otro tiempo, aun ántes de Aristóteles, no ha sido verdaderamente demostrada sinó en 1640 por Galiléo; un poco mas tarde ha sido confirmada por los interesantes esperimentos de *Torricelli* y por los sorprendentes de *Pascal*.

6 Pág. 193 »La Hidrodinámica tiene por objeto determina

principios del movimieuto de los fluidos; la Hidráulica es la apli-
ion de estos principios al arte de conducir las aguas y de ha-
las servir para mover las máquinas.

»La cuestion del movimiento de los fluidos es una de las mas
portantes de la Mecánica racional; pero tambien es una de las mas
nplicadas y difíciles. Estando en reposo una masa fluida solo se
esita para ponerla en movimiento en toda su estension una li-
a alteracion en una sola de sus moléculas; y los movimientos que
ultan de aquí se modifican por tantas causas, ya en sus veloci-
des, ya en sus direcciones, que con dificultad se concibe la varie-
d y complicacion de los fenómenos á que pueden dar orígen. Sin
hargo, poseemos sobre este asunto algunas leyes fundamentales,
terminadas por la teoría, y una multitud de esperimentos, que sin
llarse sometidos al cálculo, presentan utilísimas aplicaciones en
Artes.

337 Pág. 200 »Muchos Físicos se han propuesto determinar,
directa, ya indirectamente, la relacion que existe entre la seccion
ntraida y la seccion del orificio; y todos están conformes en con-
uir que esta relacion se halla comprendida entre 0,6 y 0,7; es decir,
e en su *mínimo* la seccion de la vena solo es $\frac{6}{10}$ ó $\frac{7}{10}$, ó unos *dos*
rcios de la superficie de la abertura. Esta relacion es la que se
ma *contraccion de la vena.*

»La distancia de la seccion contraida á la cara interior de la
red, es en general un poco mayor que el radio del orificio cuando
te es pequeño; mas en grandes aberturas, la seccion contraida pa-
ce no llegar á este límite.

»Estos resultados son sobre poco mas ó ménos independientes
la forma del orificio y de la presion bajo que sale el líquido. So-
mente respecto de orificios, cuyo diámetro es menor que un cen-
metro, la contraccion es menor que 0,7, lo que procede indudable-
ente, de que entónces el espesor de la pared viene á ser sensible,
produce un efecto análogo al de los tubos adicionales.

»Cuando la presion que se efectúa encima de un orificio hori-
ontal es muy pequeña, se verifica una contraccion de otra especie;
l líquido llena aun el orificio; pero resbala de las paredes hácia el
ntro para formar un filete que es algunas veces muy pequeño. Esto
s lo que *Mr. Hachette* llama una *vena secundaria.*

338 Pág. 206 »La unidad de medida, para las aguas corrien-
es, se conoce con el nombre de *pulgada de fontanero ó pulgada*
le agua, y es la cantidad de este líquido que sale en un minuto

por un orificio circular de una pulgada de diámetro, hecho en una pared vertical con una carga del espresado líquido de 7 líneas sobre el centro del orificio, ó de una línea sobre su punto culminante. El volúmen de agua que pasa en tales circunstancias es 14 pintas antiguas de París ó 672 pulgadas cúbicas por minuto (1064,784 pulgadas cúbicas españolas ó 0,61619 de pie cúbico español).

»Resulta de lo dicho acerca de los tubos adicionales que un propietario á quien se concede cierta cantidad de agua, y por consiguiente un orificio en pared delgada de cierta magnitud, podría sacar del mismo orificio un volúmen de agua vez y media mayor; así en las *concesiones* importa no solo estipular el diámetro de la abertura, sino aun determinar la especie de tubo adicional que se haya de emplear.

»Parece que en París el gasto diario viene á ser unos 108 metros cúbicos, que equivale á 15 libras por persona (unas 7 y ½ azumbres).

339 Pág. 206 »De los *saltadores* ó *surtidores*.

»Hay surtidores que se elevan verticalmente de abajo arriba, y otros que se elevan en garzotas describiendo parábolas de diversas amplitudes. Los orificios que dan nacimiento á los surtidores verticales están abiertos en paredes horizontales, y los que dan origen á saltadores parabólicos, lo están en paredes diversamente inclinadas. En todos los casos, la direccion del chorro es producida por la pesantez, que es siempre vertical, y por la presion ó la fuerza impulsiva, que es siempre perpendicular á la pared. En virtud del teorema de *Torricelli*, las moléculas líquidas teniendo en el orificio la misma velocidad que si hubiesen caido de una altura igual á la del nivel del líquido en el depósito, se ve que esta velocidad, dirigida de abajo arriba, sería precisamente capaz de hacer subir de nuevo todas las moléculas hasta la altura de este nivel, de donde se reputa que descienden. Así, la altura del chorro vertical sería siempre igual á la elevacion del nivel sobre el orificio. Pero hay muchas causas que impiden á las aguas ascendentes el llegar á esta altura teórica; ellas esperimentan rozamientos contra las paredes de los tubos que las conducen desde el depósito hasta el orificio y contra el orificio mismo, cuyas paredes rasan con gran velocidad; esperimentan igualmente la resistencia del aire atmosférico, y en fin las aguas despues de haber llegado al punto mas alto del surtidor, vuelven á caer sobre las aguas ascendentes, y las roban parte de su movimiento. Para reducir todas estas resistencias á sus menores valores, se acostumbra usar en la práctica las reglas siguientes.

1.° »Se da á los tubos de conduccion un diámetro que depende de sus longitudes, de la magnitud del orificio y de la altura del depósito. El diámetro podrá calcularse por las fórmulas que darémos inmediatamente para los tubos de conduccion. Se dispone de modo que la velocidad del agua en los tubos sea á lo mas 2 ó 3 decímetros por segundo (10 ó 12 pulgadas españolas).

2.° »Se hace el orificio circular y se le abre en una pared delgada, que es una placa llamada *platina*. Cuando se pueda evitar el encorvar el tubo, la platina está ajustada hácia su estremo, y forma una parte de su pared lateral superior. Cuando se ve uno precisado á torcer el tubo, se le encorva hácia arriba, redondeándolo; y entónces la platina forma su estremo. La mencionada platina es plana, ó curva en forma de casquete convexo, segun se quiera un surtidor vertical, ó una garzota de muchos surtidores parabólicos.

»Todo tubo adicional cilíndrico ó cónico produce un chorro ménos elevado que los orificios en paredes delgadas.

»Satisfechas estas condiciones, se admite, segun los esperimentos de *Mariotte*, que el surtidor se eleva á una altura de 5 pies para una altura de depósito de cinco pies y una pulgada, y que en general, para tener la altura del depósito, es necesario á la altura H del surtidor, valuada en pies, añadir tantas pulgadas como se encuentran unidades en $\frac{H}{5}$ elevado al cuadrado *. Así, un surtidor de 100 pies supone un depósito de 100 pies mas 400 pulgadas; ó en fin de 133 pies y 4 pulgadas.

340 »De los *tubos de conduccion*. La conduccion de las aguas es un punto importante de economía pública é industrial; pero al mismo tiempo es una cuestion de Hidráulica que presenta grandes dificultades. Algunos centímetros de mas ó de ménos en el diámetro de los tubos que distribuyen las aguas en una gran poblacion, corresponden á un capital de muchos millones; y es necesario conciliar la circunstancia de que sean bastante anchos para que suministren toda la cantidad de agua necesaria, y bastante estrechos para que cuesten lo ménos posible. *Mr. Prony* ha obtenido la fórmula siguien-

* Esta regla no se diferencia esencialmente de la nuestra (§ 283) sinó en el enunciado (§ 285); y así es que aplicada al mismo ejemplo que aquí, da igual resultado.

te para el movimiento del agua en los tubos de fundicion, de que componen los encañados $V=26,79\sqrt{\frac{DH}{L}}$.

»En la cual D representa el diámetro del tubo; L su longi H la altura del nivel del agua en el depósito sobre el estremo tubo por donde corre el agua, y V la velocidad del agua en el o cio ó en toda la longitud del tubo.

»Para aplicar esta fórmula es necesario que $\frac{D}{L}$ no esceda á es decir, que la longitud del tubo sea al ménos 100 veces su metro; y es necesario aun que su diámetro no sea muy pequeñ no tuviese mas que algunos milímetros ó aun un centímetro, la mula daria indudablemente resultados demasiado grandes *.

241 »*Del paso de los liquidos por tubos muy finos. Mr. rard* ha hecho esperimentos muy curiosos sobre este asunto; s mos no poder dar aquí sinó los resultados generales. Los liqu que no pueden mojar la sustancia solida de los tubos, cesan de rer bajo una presion mas ó ménos considerable, segun el diám del tubo, y su longitud. Por ejemplo, bajo una presion de 9 (cerca de 5 líneas españolas), el mercurio ha cesado de correr e tubo de vidrio de 1,^{mm}12 de diámetro (poco mas de media line pañola) y de 357 mil.^{s} de longitud (1,28 pies españoles).

»Los liquidos que mojan los tubos pasan con la misma v dad, ya se sumerja el estremo del tubo en un liquido de la m naturaleza, teniendo cuenta con la presion, ya se deje libre, que el paso se haga en el aire.

»En los tubos que pueden ser mojados, el aumento de tem tura acelera la velocidad en una proporcion considerable; el agu corre en un tubo de vidrio de 1,^{mm}767 de diámetro (una línea esp escasa), y de 939^{mm} de longitud (cerca de media línea espa bajo una presion de 182^{mm} (cerca de una décima de línea espa corre por ejemplo cuatro veces mas veloz cuando está próxima

* Aquí se ve, que no se da medio alguno para determinar el movi to cuando la longitud del tubo no equivale á 100 veces su diámetro; l comprueba cuanto hemos dicho acerca de lo muy ventajoso, útil, e y necesario que ha sido el haber prolongado nuestras la tabla (en todos casos reglas fijas que nos conduzcan á determi á los liquidos, como hemos establecido (§ 208).

ebullicion, que cuando lo está á la congelacion. La temperatura de menor velocidad es la temperatura del hielo, y no la temperatura del *máximo* de densidad.

» Bajo presiones iguales, y en tubos de la misma dimension, los diversos líquidos toman, á la misma temperatura, velocidades muy diferentes variando con la temperatura la relacion de dichas velocidades.

» *Dubuat*, es á mi parecer el primero que ha observado la influencia del calor en la velocidad del paso; despues *Gerstner* ha hecho sobre este asunto un gran número de esperimentos publicados en 1800, en los anales de *Gilbert*. Estos resultados son curiosos, pero no bastan para concluir, como ha dicho *Mr. Gerstner*, que si el calor da mas actividad á la vegetacion y á la vida, es solamente por favorecer la circulacion en los vasos capilares de las plantas y de los cuerpos vivos.

342 Pág. 214 » *De las presiones laterales que ejercen los líquidos en movimiento.*

» Un líquido que corre en tubos adicionales ó en tubos de conduccion ejerce siempre contra sus paredes menor presion que si estuviese en reposo. *Daniel Bernoulli* espresa esta presion que se verifica durante el movimiento por $H-H'$.

343 Pág. 217 » *Del paso del agua en los canales.* Nada es mas variable que la velocidad del agua en los lechos de los rios: las inclinaciones mas ó ménos rápidas, los rozamientos laterales, las circunstancias accidentales del fondo y las sinuosidades de las orillas, son causas que modifican sin cesar el movimiento de los filetes líquidos; y que producen remolinos, ó vueltas y una série de otros fenómenos que se pueden esplicar en cada localidad, pero que es imposible calcular de antemano. Los canales de inclinacion uniforme, direccion rectilínea y dimensiones constantes presentan resultados mas simples y mas generales. Las diferentes capas líquidas desde la superficie hasta la del fondo, están animadas de velocidades diferentes; aun en cada capa los filetes de las orillas y el del medio no pueden tener la misma velocidad á causa de la adherencia y del rozamiento que tienen lugar en el contacto con su pared.....

» En todas las secciones, que se pueden hacer, perpendiculares al curso de un rio, pasa la misma cantidad de agua en el mismo tiempo, porque esta condicion es la que determina que el *régimen se halla establecido*, es decir, que el nivel permanece el mismo en cada punto, sin que haya tendencia allí á la acumulacion ni á la

depresion. Para conocer el gasto de un rio sería necesario determinar la cantidad de agua que pasa por una seccion cualquiera. Esto equivale á tener que averiguar dos cosas: la superficie de la seccion, y la velocidad media de todos los filetes que la atraviesan. Pero la velocidad media no es aquí, como en los canales, 0,8 de la velocidad *máxima* y sería imposible determinar en general la relacion que existe entre ellas, pues que basta una elevacion de fondo, una oquedad, una sinuosidad de la orilla, ó aun otra causa ménos aparente para mudar su valor. Lo mas sencillo y al mismo tiempo lo mas exacto para medir un rio, es pues, hacerle pasar por un caz cuyas dimensiones y profundidad por debajo del nivel se tengan conocidas, hacerle pasar por encima de un dique donde forme una cascada cuyo ancho y espesor se pueda conocer.

344 Pág. 232 »*De la contraccion de la vena en el movimiento de los gases.* Los únicos esperimentos conocidos sobre este asunto, son los publicados en los *Anales de Química por Mr. d' Aubuisson*.....y este ingeniero de minas ha deducido estas consecuencias: 1.ª que el aire que pasa por orificios de paredes delgadas, forma una vena contraida, cuya seccion es como en los líquidos 0,65 de la superficie del orificio; 2.ª que, en los tubos adicionales cilíndricos, esta relacion es 0,93; 3.ª que es igual á 0,95 en los tubos adicionales cónicos poco embudados.

»Una circunstancia digna de notarse, es que un tubo cuya longitud es 20 ó 30 veces su diámetro produce mas gasto que un orificio en pared delgada de la misma magnitud.

345 »*Del paso de los gases en los tubos. Mr. Girard* en union con *Mr. Cagniard-Latour* han hecho una série de esperimentos sobre el paso del aire y del hidrógeno carbonado; de donde han deducido las consecuencias siguientes:

1.ª »Que el gas hidrógeno carbonado y el aire atmosférico sometidos al mismo estado de compresion, se mueven en virtud de las mismas leyes, y sufren exactamente la misma resistencia en los mismos tubos, y esto independientemente de sus pesos específicos.

2.ª »Que las resistencias que sufren los fluidos aeriformes á moverse en tubos de conduccion, son exactamente proporcionales á los cuadrados de sus velocidades medias.

3.ª »En fin, que en virtud de estas leyes y de las del movimiento lineal, los gastos del gas por un conducto dado de uniforme, están siempre en razon directa de la presion ind el depósito que alimenta el paso, y en razon inversa de

drada de la longitud del conducto por el cual se verifica el sito.

»Los esperimentos para cada gas han sido hechos en dos con-ctos; el primero tenía 0,^{m}081 de diámetro (cerca de tres pulga-s y media) y las longitudes, han sido sucesivamente 129 me-s, 376 y 623 metros (463, 1349 y 2236 pies españoles). El gundo tenía 0,016^{m} (8,27 líneas españolas), y las longitudes han o sucesivamente 37^{m}, 56^{m}, 85^{m}, 109^{m} y 126^{m} (133 pies españoles, 1, 305, 391, y 452). La presion en todos los esperimentos era de 034 de metro (cerca de pulgada y media española) de agua. Un ficio en pared delgada del mismo diámetro que el pequeño con-cto daba un gasto once veces mayor que una longitud de 126 tros (452 pies españoles) de este conducto; esta relacion ha si-la misma para el aire y para el hidrógeno carbonado.

346 »*Del paso de los gases por tubos muy finos.* Resulta de gunos ensayos de *Mr. Faraday*, sobre el paso de los gases por bos muy finos, que se producen entónces fenómenos singulares que penden de la presion y de la naturaleza de los gases; los mas eros que, bajo fuertes presiones, pasan lo mas velozmente, pare-a al contrario pasar con la mayor lentitud bajo menores presiones.

347 Pág. 234 »*De las presiones laterales de los gases du-nte el paso.* Se produce, en los grandes fuelles de las fraguas un nómeno notable, que no se ha escapado á la sagacidad de *MMrs. bigues*, propietarios de las fraguas de *Fourchambaut*, y de que n sido testigos *MMrs. Thenard y Clement.* Si se tiene una aber-ra de 1 á 2 pulgadas de diámetro en la pared *plana* de un de-sito de aire comprimido, este se escapa con gran violencia; pero acercándole un disco de madera ó de metal de 7 á 8 pulgadas de ámetro, y despues de haber vencido la primera resistencia, se aplica la abertura, no es ya rechazado como ántes; oscila vivamente, ale-ndose ó aproximándose á la abertura en límites muy aproximados: el re continúa escapándose con gran ruido, entre la superficie del dis-y la de la pared, y si entónces se quisiera retirar el disco, sería cesario un grande esfuerzo: aunque *separado* de la pared, parece egado á ella. *Mr. Clement* da una esplicacion de este fenómeno e parece de todo punto conforme á los principios del movimiento los fluidos. La vena que sale de la abertura debe ensancharse en mina muy delgada para pasar entre el disco y la pared (fig. 52 m. 3.ª); permaneciendo el mismo su espesor, debe ensancharse á edida que se aproxima de la circunferencia del disco; tambien se

encuentra en el mismo caso que la vena fluida, que debe llenar un cono cuyas secciones vengan á ser siempre crecientes; de aquí resulta una especie de succion igual á la que se observa en los tubos adicionales cónicos. Es, pues, la presion atmosférica la que obra de fuera adentro, sobre la superficie del disco, con mayor ó menor porcion de su energía, segun es mas ó ménos reducida la presion lateral; y como esta es muy diferente á diversas distancias de la abertura, es necesario que en los puntos donde es mas débil, se encuentre mucho menor que la presion atmosférica. Parece que la diferencia que existe entre la presion atmosférica, y la suma de las presiones laterales es ella misma dependiente del espesor de la lámina de aire que pasa, y que viene á ser mayor cuando esta lámina se hace un poco mas gruesa; de aquí emanan las oscilaciones del disco y el esfuerzo necesario para desprenderle. Las condiciones de este fenómeno de succion pueden ser para los gases, muy diferentes de lo que son para los líquidos, á causa de la diferencia total de las afinidades moleculares.

»Este hecho no solamente tiene una grande importancia teórica, sinó que despierta la atencion sobre un verdadero peligro que pueden ofrecer las válvulas de seguridad de las máquinas de vapor: se ve, en efecto, que bajo ciertas condiciones, la lámina de vapor delgada se escapa, en lugar de rechazar á lo lejos la válvula para proporcionarse una salida espaciosa, podría trasformarse en una fuerza atractiva tanto mas capaz de retenerla cuanto el peligro fuese mayor.

348 Pág. 237 »Libro 2.° *Del calor*..... Hay pues un *agente*, que es distinto de la sustancia propia de los cuerpos, que emana de su masa, que traspasa las mayores distancias, que establece una comunicacion continua entre ellos y nosotros, y que es la *causa* de las sensaciones de calor que esperimentamos; este agente ha recibido diferentes nombres; primero, confundiendo la causa con el efecto, se han llamado *calor*; despues, por nociones mas exactas sobre su modo de existir se le ha nombrado *fluido igneo*, *materia del fuego*, &c. en fin, en la reforma de la nomenclatura química, *Lavoisier*, *Bertollet*, *Morveau y Fourcroy* lo han llamado *calórico*.

»El calórico no solamente obra sobre los cuerpos organizados, sinó tambien sobre los inorgánicos.

349 Pág. 242 »*Propagacion del calórico*. El calórico se propaga en el interior de los cuerpos y fuera de ellos.

»En los cuerpos se propaga de molécula á molécula sin division hasta las mas interiores de su sustancia..... Se llaman *bu*

ductores los que se dejan penetrar fácilmente por el calor, y to-
n rápidamente la temperatura que deben tener, y *malos conduc-*
res los que se dejan penetrar ménos fácilmente y son mas lentos
ponerse en equilibrio de temperatura en todas sus partes. Los me-
es son en general buenos conductores. El vidrio, el azufre, el car-
n, las piedras de diferentes especies, todas las sustancias vegetales
animales, son en general *malos conductores*; los líquidos y los
ses son los peores que se conocen.

» El *calórico radiante* viene á ser un calórico ordinario, cuando
absorvido por los cuerpos, y que se difunde por la conductibilidad
las diferentes partes de su masa; y recíprocamente, el calórico que
escapa de los cuerpos á medida que se enfrian, lo hace bajo la
ma de calórico radiante, á ménos de no encontrar inmediatamente
rpos que le absorvan y en los cuales no pueda pasar sinó de mo-
ula en molécula.

350 Pág. 244 » *Produccion del calor y del frio.* El calórico
ede acumularse en los cuerpos; pero no se puede guardar en vasos,
no el aire, el agua, y los demas fluidos ponderables: ninguna sus-
cia es impenetrable al calórico; este es un fluido *incoercible* que
á sin cesar en movimiento para comunicarse de molécula á molé-
a en los cuerpos contiguos, ó para difundirse en el espacio bajo
ma radiante. Si un cuerpo caliente, tal como una bala por ejemplo,
viese sumergida á 10 pies debajo de tierra, todos saben que su
or se comunicaría á las capas que la rodean; de estas á las si-
entes; y así de unas en otras á distancias muy considerables; des-
s de un tiempo bastante grande, esta bala se enfriaría sin que se
diese parte alguna de su calor; este se habrá esparcido en los
rpos vecinos, y se le podrá en rigor encontrar y recoger en tota-
d. Cuando un cuerpo se enfria en el aire, el fenómeno es dife-
te; parte de su calor pasa á las moléculas de aire que le tocan;
o otra porcion se escapa bajo forma radiante, sobre poco mas ó
nos como la luz se escapa de la llama, y estos rayos de calor es-
ciéndose en todas partes, los unos van á caer sobre los cuerpos
los detienen y los absorven en parte, los otros se elevan hácia el
it, atraviesan todo el espesor de la atmósfera y se van á *perder*
la inmensidad del espacio. Los hay sin duda que van á caer so-
l sol y sobre los cuerpos celestes, como sucede tambien á la
una bugía el esparcirse hasta los astros. Lo que es verdadero
cuerpo suspendido en el aire, lo es igualmente del globo en-
la tierra colocado en medio del espacio. Así, la tierra se en-

fria; á cada instante la atmósfera y todos los cuerpos terrestres que están espuestos al aspecto del cielo pierden parte de su calórico por la radiacion. Es necesario, pues, que haya fuentes de calor, que reparen á cada instante las pérdidas que hace la tierra; y que puedan mantener sobre su superficie esta temperatura media, cuya intensidad es una condicion necesaria á los fenómenos de la vegetacion y de las funciones de la vida.

» Verémos que hay tres fuentes de calor para compensar el enfriamiento que sufre la tierra, y para mantener de una manera sobre poco mas ó ménos permanente el equilibrio de las temperaturas terrestres. La primera es un calor primitivo que reina aun á grandes profundidades y que se disipa poco á poco; ella mantiene las partes centrales de la tierra á un calor sin duda mayor que el del fierro fundido, pero no contribuye sinó en débil proporcion á las temperaturas de la superficie.

» La segunda es el calor solar, cuya medida darémos en los Elementos de Meteorología: veremos que todo el calórico que el Sol esparce sobre la tierra en el trascurso de un año es capaz de fundir una cierta cantidad de hielo que hemos llegado á determinar por medios simples y rigurosos.

» La tercera fuente del calor es la que resulta de las acciones mecánicas y químicas que se ejercen sobre la materia. El simple contacto de los cuerpos desprende calor, la compresion, el rozamiento, la percusion, y todas las mudanzas mecánicas que pueden sufrir las moléculas materiales desprenden igualmente calor ó frio. Últimamente, las combinaciones químicas, ya las naturales que acompañan al nacimiento, desarrollo y descomposicion de los seres, ya las accidentales, que son productos del arte, son otros tantos fenómenos de produccion de calor ó frio, cuyas leyes importa conocer.

351 Pág. 279 » *La potencia de contraccion* de los sólidos es igual á la *resistencia de traccion que pueden oponer*. Si es necesario un peso de mil quilógramas (2173 libras españoles) para dar á una barra de fierro vertical una prolongacion igual al que tomaría por un aumento de temperatura de 1°, es evidente que si se la carga en su estremo inferior con mil quilógramas de peso y al mismo tiempo se la enfria 1°, la contraccion del enfriamiento compensará la prolongacion de la traccion, y la longitud permanecerá la misma que la barra no estuviese ni enfriada 1°, ni tirada por las mil quilóg Siendo muy grande la tenacidad del fierro, se ha podido apr esta propiedad para ejercer esfuerzos que hubieran en alg

cedido los demas medios mecánicos. Así es, por ejemplo, como se n en el conservatorio de Artes y Oficios (de París), largas barras fierro atravesando dos muros opuestos, y que han servido para roximar estos muros, á pesar de la grande presion que los sepa- ba de su aplomo natural. A *Mr. Molard* se debe esta rigurosa licacion de las leyes del enfriamiento. Puestas en su lugar las bar- s, se calentaban en toda su longitud; y mientras que estaban di- tadas, se estrechaban los tornillos esteriores á los muros; entónces potencia de contraccion producida por la diminucion de tempera- ra aproximaba los dos estremos de las barras, y por consiguiente s obstáculos que á ello se oponían.

»Como una barra de metal se rompe bajo un esfuerzo suficiente, l mismo modo lo hace por la contraccion, cuando sus estremos tán de tal modo detenidos, que no se pueden aproximar el uno al ro en una proporcion conveniente. Se ven con demasiada frecuencia nómenos de esta especie en las largas piezas de metal que se tra- ajan en los rigorosos calores del estío, y que no se hallan deteni- s con bastantes precauciones.

»Los ingenieros tienen sin cesar ocasion de aplicar estos princi- os en las grandes construcciones de que están encargados.

352 Pág. 312 »*De la fusion y de la solidificacion.* Es fácil de nocer que la *fusion* ó el paso del estado sólido al estado líquido un fenómeno producido por el calor, y que ninguna otra causa la naturaleza puede hacer pasar los cuerpos á esta mudanza de tado; el hielo puede romperse y reducirse á polvo; puede ser so- etido á todas las potencias mecánicas y á todos los agentes natu- les, sin dejar de ser un cuerpo sólido, á no ser que el calor venga ejercer su accion sobre él para convertirle en agua. Lo mismo su- ede con la cera; y cuando se la ve fundir á los rayos del sol, se abe bien que es por el efecto del calor por lo que ella entra en fu- on y no por el efecto de la luz; y si el plomo puede liquidarse y enir á ser líquido ó fundido, cuando se le bate sobre un yunque á olpes reiterados, es porque la compresion y la percusion desprén- en calor, de todo punto semejante al de un hogar.

»....A otra distancia del sol, la tierra tomaría otra consistencia y tro aspecto; si estuviese mas próxima, los metales estarían por la nayor parte en un estado habitual de fusion, y las profundidades el mar, en lugar de estar llenas de agua, podrían muy bien estar llenas de sustancias metálicas liquidadas; al contrario, si estuviese mas lejana, el mar sería una masa sólida, no habría entónces agua

corriente, y probablemente no existiria líquido en circulacion para producir los fenómenos orgánicos de la vegetacion y de la vida.

»Penetrando el calor todos los cuerpos y pudiendo dilatar todas sus partes, es curioso investigar si puede igualmente hacerlos pasar sin escepcion del estado sólido al estado líquido. Pero, examinando bajo este punto de vista todos los cuerpos sólidos, se hallan entre ellos grandes diferencias; los hay que son muy *fusibles* y que no pueden resistir temperaturas muy bajas sin pasar al estado líquido, tales son el hielo, el fósforo, el azufre, la cera, los cuerpos grasos y las resinas; hay otros que exigen, para fundirse, temperaturas un poco mas elevadas, como el estaño, el plomo y muchas aleaciones compuestas de diferentes metales; en fin, los hay que no pueden entrar en fusion sinó por el fuego sostenido por largo tiempo y á las mas altas temperaturas que somos capaces de producir; el fierro, el acero, el oro, y la platina se hallan en este caso. Los cuerpos que resisten á estos mas altos grados de calor se llaman *infusibles*, *fijos* ó *refractarios*; y como nuestros medios de desenvolver el calor se perfeccionan de dia en dia, el número de las sustancias infusibles ha ido sin cesar disminuyendo. El carbon parece ser el mas refractario de todos los cuerpos; sin embargo, muchos Físicos pretenden haber observado algunas trazas de fusion sobre las aristas de los diamantes que sometían al ensayo. Mientras se comprueba este resultado, se puede al ménos concluir por analogía que no hay cuerpos verdaderamente infusibles.

»Las sustancias orgánicas se componen en general de carbono y de sustancias gaseosas mas ó ménos volátiles; de donde resulta que, sometidas á la accion de un calor elevado, se descomponen mas bien que se liquidan. La madera fuertemente calentada, se carboniza y no se funde; lo mismo sucede con los frutos, flores y otros tejidos vegetales, así como se verifica tambien con las fibras musculares y todos los otros tejidos de los cuerpos vivos. Se forman en estas circunstancias una multitud de combinaciones nuevas, cuyos productos se exhalan con mas ó ménos fuerza, y no queda en último resultado sinó el carbon y los otros elementos fijos, que sirven de bases á estos compuestos orgánicos.

»Muchas sustancias inorgánicas presentan fenómenos análogos, y ha sido necesario el espíritu inventor de *Hall* para demostr fusibilidad. Su procedimiento consiste en calentar los cuerpo niéndolos bajo una alta presion, de tal suerte, que los ele *volátiles* no se pueden exhalar. Así es como Hall ha

ármol sin convertirle en cal, y como ha demostrado igualmente la sibilidad de un gran número de sustancias volcánicas. Estos resul- dos son importantes para discutir el orígen y la formacion de las versas capas de que se compone la tierra.

»*Condiciones de la fusion.* Cuando los cuerpos pasan del estado lido al líquido presentan dos fenómenos singulares; primero quedan lidos hasta que hayan llegado á una cierta temperatura *fija*, que siempre la misma para el mismo cuerpo, y entónces es cuando la sion puede principiar; en segundo lugar, ellos permanecen á la isma temperatura durante todo el tiempo de la fusion, cualquiera e sea la cantidad de calórico que se les suministre; de donde se que que absorven este calórico para fundirse y que le ocultan en su erior sin dejar aparecer nada de él fuera. Así la *fijacion de tempe- tura, y la absorcion del calórico latente*, son las dos condiciones enciales de la fusion..... Hacía ya cerca de 100 años que se había ventado el termómetro, cuando no se conocía de un modo cierto invariabilidad del punto de fusion de los cuerpos; se creía que el elo por ejemplo, debía entrar en fusion á diversas temperaturas, gun la latitud ó la elevacion de los lugares donde se había forma- . Demostrada ya la primera condicion de la fusion, se necesitaron n 30 ó 40 años para convencerse de la otra, es decir, de la ab- rcion del calórico latente; porque fué en 1763 cuando *Black* puso ta verdad fundamental en toda su claridad, y cuando hizo ver s importantes consecuencias.

353 Pág. 316 »La nieve y la sal, por ejemplo, no teniendo cion sensible, á 18° ó 20° debajo de cero, es imposible obtener n estos elementos un frio mayor que—18° ó—20°, pues que mas lá de este término dejan de combinarse.....Se empléa entónces lo e se llaman *fundentes*, es decir, cuerpos que tienen la propie- d de acelerar la fusion de las materias en cuyo contacto se hallan, bre poco mas ó ménos como la sal acelera la fusion de la nieve ó l hielo. El compuesto que resulta, siendo mas fusible que la sus- ncia á la cual se añade el fundente, se puede sacar partido de ello n mas facilidad: unas veces se le destina á otras combinaciones quí- icas, como sucede al mineral de fierro, que entra en fusion por el ndente, y luego se desoxida y carboniza para trasformarse en fun- cion; otras veces se le trabaja inmediatamente, como el vidrio, y ras se observan los matices de su color para juzgar por esto de los lementos químicos que le constituyen.

»Un gran número de Físicos se han tomado el trabajo de deter-

minar los puntos de fusion de diferentes cuerpos, y hemos reunido en la tabla siguiente los que están mejor averiguados, y que parecen ser de un uso mas frecuente. Hemos ya prevenido que es imposible valuar con alguna confianza los grados del pirómetro de Wedgwood en grados centígrados.

TABLA *de los puntos de fusion de diferentes sustancias, en grados del pirómetro de Wedgwood, y del termómetro centígrado.*

NOMBRES DE LAS SUSTANCIAS.	Grados del pirómetro.	Grados centesimales.	NOMBRES DE LAS SUSTANCIAS.	Grados del pirómetro.	Grados centesimales.
Tungsteno. . . .	170	..	De { 1 plom. 4 est. y 5 bismuto.	.. ..	118,9
Cromo.	170	..	Azufre.	..	109
Molibdeno. . . .	170	..	Iodo.	..	107
Colombio.	170	..	Aleacion.	..	..
Manganeso. . . .	160	..	De { 2 plom. 3 est. y 5 bismuto.	.. ..	100
Níquel.	160	..	De { 5 plom. 3 est. y 8 bismuto.	.. ..	100
Fierro.	130	..	Sódio.	..	90
Acero.	130	..	Potasio.	..	58
Cobalto.	130	..	Fósforo.	..	43
Oro.	32	..	Ácido steásico. . .	..	0
Cobre.	27	..	Cera blanca . . .	..	68
Plata.	..	538	Cera no blanca. .	..	61
Antimonio. . . .	..	432	Ácido margárico.	..	55 á 60
Zinc.	..	360	Steasina.	..	49 á 43
Plomo.	..	260	Spermaceti. . . .	..	49
Bismuto.	..	256	Ácido cético. . . .	..	45
Estaño.	..	210	Sebo.	..	33,33
Aleacion id. . . .	..	..	Hielo.	..	0,0
De { 8 de estaño. 1 de bismuto.	.. ..	200	Aceite de trementina.	.. ..	−10
De { 2 de estaño. 1 de bismuto.	.. ..	167,7	Mercurio.	..	−39,0
De 3 est. 1 plomo.	..	167,7			
De 1 est. 1 bism...	..	141,2			

354 » *Solidificacion.* Cuando los líquidos pasan al estado sólido, se observan generalmente dos condiciones correspondientes á las de la fusion: 1.ª la solidificacion se efectúa á una temperatura

a, que es la de la fusion; 2.ª todo el calórico latente, absorvido durante la fusion, es reproducido y desprendido durante la solidificacion.

355 Pág. 319 »Una misma sustancia líquida puede tomar, solidificarse, aspectos y propiedades muy diferentes. Cuando el fenómeno se produce lentamente y sin turbacion, sucede ordinariamente que la sustancia cristaliza y toma la mayor densidad de que es susceptible. Al contrario, cuando el enfriamiento es pronto, ó cuando la masa líquida está agitada de alguna manera, las moléculas no tienen el tiempo de agruparse y de colocarse, se precipitan repentinamente y forman un sólido cuyas partes interiores se hallan en un estado mas ó ménos violento. Verémos al hablar de las *Acciones moleculares*, los fenómenos que presentan, bajo este punto de vista, el azufre, el fósforo, el vidrio y otros muchos cuerpos, cuando se enfrian repentinamente, partiendo de una temperatura un poco elevada y sobre todo cuando están obligados á una solidificacion brusca.

356 Pág. 320 »*De los vapores en el vacío. Los vapores se forman con lentitud en el aire, y en el vacío instantáneamente.* Cuando se espone un líquido al contacto del aire, sucede comunmente que disminuye poco á poco, y despues de mas ó ménos tiempo, desaparece enteramente. Así, el agua que cubre la tierra, despues de las lluvias, no resiste el soplo de un viento seco, ni la accion prolongada del sol; se disipa en pocos dias, y no es solo, como se sabe porque se filtra en el suelo, sinó mas bien porque se exhala en los aires. Por lo demas, se tiene la prueba de esto, examinando lo que sucede á un vaso lleno de agua, espuesto al aire libre ó en un aparato; el agua disminuye de instante en instante, y por último no quedan en el fondo del vaso sinó los cuerpos estraños que contenía en disolucion *. El mismo fenómeno se verifica con una rapidez mayor aun, haciendo hervir un líquido por la accion del fuego; aquel no es absorvido ni por el vaso ni por el fuego: y con todo desaparece al cabo de algunas horas. De estas diversas observaciones se puede concluir, que los líquidos cambian de estado, que se hacen invisibles, y adquieren una fuerza espansiva; en fin, que se *vaporizan* ó

* En los meses de diciembre, enero y febrero de 1830, yo he hecho esperimentos y observaciones sobre este particular en Madrid calle de las Huertas; y aunque no se pueden considerar como de una gran precision, no obstante son suficientes para formar una idéa aproximada, y los resultados han sido que, aun en los tiempos de mayores hielos, se verificaba próximamente en un vaso de los regulares de beber, un decremento en la altura del líquido de la cuarta parte de línea española en cada veinte y cuatro horas.

reducen á *vapores*, es decir, que toman una existencia análoga á la de los gases. Los cuerpos son tanto mas *volátiles* cuanto se convierten en vapor ó se vaporizan mas prontamente, y á temperaturas ménos elevadas. Tambien se puede observar, que en ciertos casos, todo el líquido no pasa al estado de vapor. Esto sucede cuando hay una mezcla de muchos cuerpos diferentes que pueden separarse por medio de la *evaporacion*; entónces las partes mas volátiles, se exhalan mas abundantemente, y lo que queda no se compone ya de los mismos elementos, ó al ménos no entran estos en las mismas proporciones.

» Por mucho tiempo se ha supuesto, que los vapores no podian formarse ni subsistir por sí mismos; sinó que tomaban principio en la superficie de los líquidos por la accion disolvente del aire, y que esta misma causa era necesaria aun para mantenerlos suspensos en la atmósfera. Para manifestar la falsedad de esta opinion, y al mismo tiempo estudiar las propiedades notables de los vapores, el medio mas sencillo consiste en presentarles un espacio vacío de aire y gases en que puedan desarrollarse libremente por sí mismos. El vacío barométrico es eminentemente propio para este género de esperimentos, no solo por ser tan perfecto como es posible, sinó porque, siendo móvil la columna de mercurio, puede indicar, con su depresion, la energía de la fuerza espansiva que se ejerce en su parte superior.

» Supongamos, pues, que en una cubeta se dispongan dos barómetros que indiquen exactísimamente la presion de la atmósfera; y que despues se haga pasar una corta cantidad de agua al tubo de uno de ellos. El agua sube en virtud de su menor peso específico; llega bien pronto al vacío de Torricelli; y al instante se observa en la estremidad superior de la columna, bajar una cierta cantidad. El peso de la pequeña columna de agua superior, no es el que ha podido deprimir el mercurio; tampoco el aire que hubiera podido contener y que se hubiese exhalado. Luego es preciso que la sustancia propia del agua se haya *vaporizado* en el vacío, y que su vapor tenga una propiedad semejante á la que hemos llamado *fuerza espansiva*, *fuerza elástica*, *ó tension de los gases*, porque obra del mismo modo que una corta cantidad de aire que se hubiera hecho pasar por encima del mercurio.

» La *medida de esta fuerza elástica* es dada por la *depr* que ha sufrido la columna donde se ha introducido el agua, es *por* lo que ha bajado la parte superior.

»*Mr. Gay-Lussac* ha hecho construir un aparato que es muy modo para manifestar y medir en el mismo instante las diferentes erzas elásticas de varias sustancias....

357 Pág. 323 »*Del máximo de tension de los vapores.* Es evi-nte que la fuerza espansiva de los vapores se ejerce en todos sen-los, como la de los gases; tambien es evidente que se ejerce inde-idamente; es decir, que una cantidad de vapor por pequeña que , se difunde por todas las partes de un espacio vacío, por grande e este pueda ser, y va á detenerse en las paredes que limitan este acio, ejerciendo en él una presion mas ó ménos considerable. Así, mas mínima partícula de agua es capaz, al vaporizarse, de tomar volúmen de muchos miles de metros cúbicos, como lo haría la s mínima molécula de aire dilatándose en este espacio. Pero si los ores tienen una fuerza espansiva ilimitada, por la que pueden ar volúmenes indefinidamente grandes, no tienen una fuerza elás-indefinidamente creciente, por cuyo medio puedan resistir á las siones que se ejerce sobre ellas, y reducirse á ocupar volúmenes la vez menores; vamos á ver en efecto que, dada una cantidad de or, si se trata de comprimirle para aumentar su fuerza elástica, lega á un punto en que este vapor se *condensa*, y vuelve á pasar estado líquido, mas bien que adquirir mayor fuerza elástica; este *te de resistencia á liquidarse*, es lo que se llama la *tension xima del vapor.*

358 Pág. 325 »*Equilibrio de tension en un espacio desigual-te caliente.* Es fácil reconocer que la temperatura tiene una gran uencia en la *tension máxima de los vapores*; porque haciendo los erimentos, á diferentes grados de calor, la columna barométrica es-imenta depresiones muy desiguales. Por ejemplo, el vapor de agua e una débil tension cuando se forma en la superficie de los lagos, n la del mar; tiene una tension mas considerable, cuando se na por la ebullicion; puesto que entónces sostiene la presion de la ósfera; en fin, á temperaturas elevadas, esta tension es tan pode-a, que puede no solamente arrojar proyectiles del mas grueso ca-e, sinó despedir á grandes distancias máquinas enteras y enor-masas de muchos quintales de peso. Las esplosiones de las má-nas de vapor ofrecen ejemplos demasiado numerosos y terribles de rdad. Segun esto, pudiera uno tratar de averiguar la máxima del vapor en un espacio de forma cualquiera, cuyas diver-rtes estén á temperaturas diferentes. Suponiendo que este espa-no tenga una gran altura, y que el vapor sea, como siempre su-

ca densidad, es preciso por las condiciones del equilibrio
los elásticos, que la tension sea la misma en todos los
e haya vapor; y como en los parages mas frios, la má-
a nunca puede ser tan grande como en los mas calientes,
que en estos últimos la tension deje de estar en su máxi-
disminuya hasta el punto de ser igual á la tension máxi-
puntos mas frios. Así, establecido el equilibrio en un es-
ualmente caliente, la tension del vapor es la misma e
untos, y en todas situaciones es igual á la máxima ten
partes de este espacio que gozan de la temperatura m
principio es importante para todas las investigaciones q
r, y en que tratarémos de hallar las relaciones que exi
fuerza elástica de los vapores y su temperatura.

Medida de la fuerza elástica del vapor de agua. S
sión del vapor de agua entre 0° y 100°, por bajo de e
a de 100°, hasta las temperaturas mas elevadas. Cad
s determinaciones exige un aparato diferente.

: 0° y 100°—El aparato se compone de dos tubos baro
locados muy próximos el uno al otro, y sumergidos e
beta. El primer tubo es un barómetro perfecto; el segun
arómetro de vapor, es decir, un barómetro por encim
ha hecho pasar una columnita de agua que en parte
dá en el vacío. Estos dos tubos están cubiertos con u

rio que espresa la tension de los vapores debe siempre reducirse á °, como la que espresa la altura del barómetro. Tal es el sencillímo procedimiento imaginado en 1805 por *Dalton de Manchester*, ara estudiar los vapores, y que le sirvió para establecer la verdara teoría de su formacion y de su elasticidad.

» *Por bajo de* 0°. El hielo mismo se vaporiza como el agua: uchas observaciones parecen indicar este resultado; pero á *Gayessac* es á quien somos deudores de un aparato propio para deostrarlo de un modo directo, y ademas para suministrar la medida acta de la tension de los vapores que se forman en el hielo á tos las temperaturas mas bajas que 0°.

» *Para temperaturas superiores á* 100°. Con el fin de manifesr que sobre 100 grados, la tension del vapor de agua es mayor e una presion atmosférica, se puede emplear un simple tubo rervo, cuyo brazo corto está cerrado por un estremo; se le llena de ercurio hasta la mitad de la altura del brazo abierto, haciendo sar al brazo corto una columnita de agua, despues se sumerge el arato en un baño de aceite cuya temperatura sea mas alta e 100°."

359 *Mr. Pouillet* inserta en dos tablas diferentes los resultados as exactos que se tienen; y nosotros las hemos reunido en solo la e sigue, añadiendo las columnas 3.ª y 5.ª para presentar en nues as pesos y medidas los resultados de tan importantes esperimentos.

Tabla *que contiene la tension del vapor del agua y la densidad y volúmen del mismo vapor, desde —20 grados hasta 315 del termómetro centígrado.*

1.ª Grados del Termómetro centígrado.	2.ª Tension del vapor en milímetros.	3.ª Tension del vapor en líneas españolas.	4.ª Presion sobre un centímetro cuadrado espresado en kilógramas.	5.ª Presion sobre una línea española cuadrada espresada en libras españolas.	6.ª Densidad del vapor del agua en su máximo de tension, tomando por unidad la densidad del agua líquida á cero grados.	7.ª Volumen del vapor del agua en su máximo de tension tomando por unidad el volúmen del agua líquida á cero grados.
Grados.	*Milímetros.*	*Líneas españolas.*	*Kilógramas.*	*Libras españ.*	*Densidad.*	*Volúmen.*
—20	1,333	0,689	0,0018	0,0001	0,000001339	515717
—15	1,879	0,971	0,0026	0,0002	0,000002679	373065
—10	2,631	1,360	0,0036	0,0003	0,000003678	271881
— 5	3,660	1,892	0,0050	0,0004	0,000005019	199250
0	5,059	2,616	0,0069	0,0006	0,000006807	146904
1	5,393	2,788	0,0074	0,0006	0,000007230	138323
2	5,748	2,972	0,0078	0,0006	0,000007677	130265
3	6,123	3,166	0,0084	0,0007	0,000008147	122742
4	6,523	3,372	0,0089	0,0007	0,000008647	115642
5	6,947	3,592	0,0094	0,0008	0,000009176	108985
6	7,396	3,824	0,0101	0,0008	0,000009733	102746
7	7,871	4,069	0,0107	0,0009	0,000010320	96899
8	8,375	4,330	0,0114	0,0009	0,000010941	91401
9	8,909	4,606	0,0122	0,0010	0,000011596	86235
10	9,475	4,899	0,0129	0,0010	0,000012288	81378
11	10,074	5,208	0,0137	0,0011	0,000013013	76846
12	10,707	5,536	0,0146	0,0012	0,000013778	72582
13	11,378	5,882	0,0155	0,0013	0,000014597	68509
14	12,087	6,249	0,0165	0,0013	0,000015443	64752
15	12,837	6,637	0,0176	0,0014	0,000016344	61184
16	13,630	7,047	0,0186	0,0015	0,000017302	57797
17	14,468	7,480	0,0197	0,0016	0,000018303	54635
18	15,353	7,938	0,0209	0,0017	0,000019359	51684
19	16,288	8,421	0,0222	0,0018	0,000020462	48873
20	17,314	8,951	0,0235	0,0019	0,000021667	46154
21	18,317	9,470	0,0250	0,0020	0,000022851	43762
22	19,447	10,054	0,0265	0,0022	0,000024140	41426
23	20,577	10,638	0,0281	0,0023	0,000025492	39228
24	21,805	11,273	0,0297	0,0024	0,000026911	37159
25	23,090	11,938	0,0314	0,0026	0,000028406	35204
26	24,452	12,642	0,0334	0,0027	0,000029976	33283
27	25,881	13,380	0,0353	0,0029	0,000030622	31624
28	27,390	14,162	0,0374	0,0030	0,000033341	29993
29	29,045	15,016	0,0396	0,0032	0,000035242	28375

2.ª Tension del vapor en milímetros.	3.ª Tension del vapor en líneas españolas.	4.ª Presion sobre un centímetro cuadrado espresada en kilógramas.	5.ª Presion sobre una línea española cuadrada espresada en libras españolas.	6.ª Densidad del vapor del agua en su máximo de tension, tomando por unidad la densidad del agua líquida á cero grados.	7.ª Volumen del vapor del agua en su máximo de tension, tomando por unidad el volúmen del agua líquida á cero grados.
Milímetros.	*Líneas españolas.*	*Kilógramas.*	*Libras españ.*	*Densidad.*	*Volúmen.*
30,643	15,842	0,0418	0,0034	0,000037059	26984
32,410	16,756	0,0440	0,0036	0,000039067	25597
34,261	17,713	0,0465	0,0038	0,000041160	24296
36,188	18,709	0,0492	0,0040	0,000043334	23077
38,254	19,777	0,0520	0,0042	0,000045647	21907
40,404	20,889	0,0549	0,0045	0,000048054	20810
42,743	22,098	0,0581	0,0047	0,000050669	19736
45,038	23,285	0,0612	0,0050	0,000053220	18790
47,579	24,598	0,0646	0,0053	0,000056037	17845
50,147	25,926	0,0681	0,0055	0,000058870	16986
52,998	27,400	0,0720	0,0059	0,000062013	16126
55,772	28,834	0,0758	0,0062	0,000065042	15375
58,792	30,395	0,0799	0,0065	0,000068342	14632
61,958	32,032	0,08418	0,0069	0,000071394	13929
65,627	33,929	0,08916	0,0073	0,000075803	13192
68,751	35,544	0,09340	0,0076	0,000079151	12634
72,393	37,427	0,09835	0,0080	0,000083074	12038
76,205	39,398	0,10353	0,0084	0,000087169	11472
80,195	41,461	0,10900	0,0089	0,000091357	10946
84,370	43,619	0,11662	0,0095	0,000095903	10427
88,743	45,880	0,12056	0,0098	0,000100551	9945
93,301	48,237	0,12676	0,0103	0,000105385	9489
98,075	50,705	0,13325	0,0108	0,000110426	9056
103,060	53,282	0,13999	0,0114	0,000115727	8641
108,070	55,872	0,14710	0,0120	0,000121184	8252
113,710	58,788	0,15449	0,0126	0,000126831	7884
119,390	61,725	0,16220	0,0132	0,000132777	7531
125,310	64,785	0,17035	0,0139	0,000138907	7199
131,500	67,986	0,17866	0,0145	0,000145331	6881
137,940	71,315	0,18736	0,0152	0,000151937	6582
144,660	74,789	0,19653	0,0160	0,000158940	6292
151,700	78,429	0,20610	0,0168	0,000166121	6020
158,960	82,182	0,21586	0,0176	0,000173585	5761
165,560	85,595	0,22639	0,0184	0,000181331	5515
174,470	90,201	0,23758	0,0193	0,000189355	5281
182,710	94,461	0,24823	0,0202	0,000197655	5059

1.ª Grados del Termómetro centígrado.	2.ª Tension del vapor en milimetros.	3.ª Tension del vapor en líneas españolas.	4.ª Pression sobre un centímetro cuadrado espresada en kilógramas.	5.ª Pression sobre una línea española cuadrada espresada en libras españolas.	6.ª Densidad del vapor del agua en su máximo de tension, tomando por unidad la densidad del agua líquida á cero grados.	7.ª Volumen del vapor del agua en su máximo de tension, tomando por unidad el volúmen del agua líquida á cero grados.
Grados.	*Milimetros.*	*Líneas españolas.*	*Kilógramas.*	*Libras españ.*	*Densidad.*	*Volúmen.*
66	191,270	98,887	0,25986	0,0212	0,000206337	4846
67	200,180	103,493	0,27196	0,0221	0,000215290	4645
68	209,440	108,280	0,28454	0,0232	0,000224510	4454
69	219,060	113,254	0,29761	0,0242	0,000234210	4270
70	229,070	118,429	0,31121	0,0253	0,000244173	4095
71	239,450	123,796	0,32532	0,0265	0,000254500	3929
72	250,230	129,369	0,33996	0,0277	0,000265086	3772
73	261,430	135,159	0,35518	0,0289	0,000276137	3621
74	273,030	141,157	0,37094	0,0302	0,000287544	3478
75	285,070	147,381	0,39632	0,0323	0,000299410	3340
76	297,570	153,844	0,40428	0,0329	0,000311625	3209
77	310,490	160,523	0,42184	0,0343	0,000324187	3085
78	323,890	167,451	0,44004	0,0358	0,000337197	2966
79	337,760	174,622	0,45888	0,0373	0,000350569	2853
80	352,080	182,025	0,47834	0,0389	0,000364440	2744
81	367,000	189,739	0,49860	0,0406	0,000378769	2640
82	382,380	197,690	0,51950	0,0423	0,000393531	2541
83	398,280	205,911	0,54110	0,0440	0,000408722	2447
84	414,730	214,415	0,56345	0,0459	0,000424337	2357
85	431,710	223,194	0,58652	0,0477	0,000440477	2270
86	449,260	232,267	0,61036	0,0497	0,000457134	2188
87	467,380	241,635	0,63498	0,0517	0,000474205	2109
88	486,090	251,309	0,66040	0,0537	0,000492921	2033
89	505,380	261,281	0,68661	0,0559	0,000509876	1961
90	525,28	271,570	0,71364	0,0581	0,000528465	1892
91	547,80	283,213	0,74152	0,0604	0,000547554	1826
92	566,95	293,113	0,77026	0,0627	0,000567136	1763
93	588,74	304,379	0,79986	0,0651	0,000587307	1703
94	611,18	315,980	0,83035	0,0676	0,000608064	1645
95	634,27	327,918	0,86172	0,0701	0,000629330	1589
96	658,05	340,212	0,89402	0,0728	0,000651114	1536
97	682,59	352,899	0,92736	0,0755	0,000673495	1485
98	707,63	365,845	0,96138	0,0782	0,000696247	1436
99	733,46	379,199	0,99448	0,0809	0,000719758	1389
100	760,00	392,920	1,03253	0,0840	0,000743728	1345
106,60	950,00	491,150	1,29067	0,1050	0,000913222	1095

Nota. Los Físicos y los Mecánicos principalmente al hablar de la tension del vapor, la comparan con la de la atmósfera; y así es que, en la construccion de las bombas de vapor, se espresa que la presion, es la de *tantas* atmósferas. En esto han procedido con mucha ligereza é inexactitud; pues toda unidad de medida debe ser invariable, y nada hay en la naturaleza que varíe mas que la presion atmosférica; pues muda con la latitud, con la altura sobre el nivel del mar, y en un mismo parage varía con el calor, con el frio, con la humedad y con una multitud de circunstancias locales. Han caido en esta inexactitud por haberse creido en un principio que la presion atmosférica en todos los puntos del nivel del mar era la misma; lo que no es así en virtud de lo espuesto (§ 537 Mec.). Por otra parte, aunque se quiera decir que se toma por presion de la atmósfera la media de una localidad determinada, como la de París, siempre es dar una idéa equivocada, si haciendo una máquina de vapor en París ó en Lóndres, ó en Lieja, se trasportase despues á localidades donde la presion atmosférica variase considerablemente, se podría incurrir en grandes errores; y acaso en las desgracias que han sucedido con las bombas de vapor, al rebentar las calderas, podrá haber influido esta idéa equivocada. Por otra parte, aun cuando se admitiese elegir por unidad de medida la presion media en una localidad conocida, como algunos hacen eligiendo la de París, siempre es dar una idéa falsa el suponerla constante, pues hay varias razones para que sea variable aun la espresada presion media en el trascurso de los siglos.

360 Pág. 342 »*De los vapores mezclados con los gases.* Los líquidos que no se combinan químicamente, pueden mezclarse muy bien por algunos instantes; pero se separan poco á poco, y se desprenden el uno del otro para superponerse segun sus densidades, como el aceite sobre el agua. Si los gases y los vapores tuviesen propiedades semejantes, todo se cambiaría en la tierra; se verian por ejemplo, los vapores que se forman en la superficie de las aguas elevarse como globos, en virtud de su corto peso específico, é impulsados del mismo modo hasta las últimas capas de la atmósfera, saldrían de ella por su elasticidad, para repartirse en todas las partes del vacío. Continuando la evaporacion, se renovaría sin cesar esta ascension; por último los lagos y depósitos de los mares quedarían en seco, y todas las aguas de la tierra se hallarían suspensas por encima de la atmósfera. Es visible, pues, que los fluidos elásticos en sus mezclas, no obedecen como los líquidos á las leyes

la densidad. Esta verdad fundamental se halla fuera de duda en rtud de un esperimento directo. *Berthollet* había hecho bajar á s sótanos del observatorio, dos globos separados por una llave, el o lleno de hidrógeno y el otro de ácido carbónico á la misma esion. Despues de colocados arriba el hidrógeno y abajo el ácido rbónico, se pasó mucho tiempo antes de abrir la llave, para porlos en comunicacion. Los dos gases estaban seguramente á la misa temperatura, en la quietud mas perfecta y al abrigo de toda agicion; con todo, la mezcla se hizo con bastante prontitud; la mitad l hidrógeno, á pesar de su ligereza, bajó al globo inferior, y la itad del ácido carbónico, á pesar de su densidad, pasó al globo perior. De este modo, cada gas penetró al otro, y se dilató por su erza espansiva, para ocupar todo el espacio que se le presentó: plicando el volúmen, cada uno de ellos adquirió la mitad de la asticidad, pero la elasticidad total permaneció la misma, es decir, ual á la suma de las elasticidades parciales. Lo que sucede en la ezcla de dos gases, se verifica en la mezcla de un número mayor, el principio general de la mezcla de los fluidos elásticos es el siguien: *Cuando se acumulan en un mismo espacio diversos fluidos elásti-s, sin accion química entre sí, cada uno de ellos se reparte en da la estension de este espacio; y la elasticidad de la mezcla igual á la suma de las elasticidades que tomaría cada uno si tuviera solo.*

» El vapor mezclado con otro fluido elástico, se condensa por dos asas, como el vapor aislado en el vacío, á saber; por un esceso de esion, y por una diminucion de temperatura. Así, estando siempre medo el aire atmosférico, sobre todo en las regiones bajas próxias á la tierra, si se toma por ejemplo una litra de aire á 20° de nperatura y á la presion ordinaria de 760 milímetros (esta es la esion media de París, que es 0,76 de metro que equivalen por estra tabla anterior á 392,92 líneas españolas), y si el vapor por parte sufre 10 milímetros (unas cinco líneas españolas) de esta esion, el espacio no se saturará de humedad; pero comprimiendo ta mezcla gaseosa, se aumentará la tension del vapor como tamien la del aire, y crecerán proporcionalmente, hasta que el vapor dquiera su *máxima tension*; entónces si se ejerce mayor compreion, el vapor se condensará en parte, y se depositará en forma de ocio en las paredes del vaso. Del mismo modo, volviendo á tomar a misma litra de aire, si se la enfria en lugar de comprimirla, se ería que tambien se condensaba el vapor y al mismo grado de en-

friamiento que si estuviese solo, y sin mezcla alguna de gas. Generalizando estas consecuencias, se ve, que en un espacio dado, en una litra por ejemplo, se pueden encerrar tantas sustancias gaseosas como se quiera, sin que estas se perjudiquen la una á la otra, solamente se necesitará ejercer una presion igual á la suma de las presiones que cada una pueda sufrir. Y si una mezcla de esta naturaleza estuviese sometida á presiones ó á grados de frio mas y mas intensos, presentaría fenómenos curiosos por la liquidacion sucesiva de los diversos elementos, que se colocarían despues por el órden de su densidad.....

361 Pág. 347 »De la *ebullicion* y de la *evaporacion*. La trasformacion de los líquidos en fluidos elásticos se llama en general *evaporizacion*. Los líquidos se vaporizan por *ebullicion*; es decir, cuando se forman los vapores en lo interior de la masa, y por *evaporacion*; es decir, cuando se forman en la superficie.

»Observando la ebullicion de un líquido, se advierte solo en general un movimiento mas ó ménos rápido que mezcla todas las partes de la masa, y que las agita en todos sentidos; pero escitando la ebullicion en un vaso de cristal, se echa de ver la causa siempre cambiante, que produce los movimientos. Se ven formarse búrbujas de vapor en las paredes calentadas del vaso, que se elevan en razon de su ligereza, y vienen á estallar á la superficie; al principio son pequeñas en el momento de su formacion; pero aumenta su volúmen á medida que se elevan, y las que parten de los puntos mas calientes del vaso, son las que se suceden con mas rapidez. Para que estas búrbujas puedan formarse y elevarse por el medio de la masa líquida que las comprime por todas partes, es preciso evidentemente que el vapor, de que se componen, tenga una tension igual á la presion que sufren; y esto determina los puntos de ebullicion de los diferentes líquidos, y tambien los de uno mismo sometido á presiones diferentes. De este modo, la primera condicion para que se verifique la ebullicion es que la temperatura sea bastante elevada para que la fuerza elástica del vapor pueda vencer todas las presiones que se dejen sentir en la masa líquida. La segunda condicion es, que el vapor halle calórico latente que absorver, y en el grado necesario á su formacion.

»De la primera condicion resulta que todo lo que hace varia presion del líquido, ó la tension del vapor, hace tambien mudar el to de ebullicion; y de la segunda, que la rapidez de la e depende solamente de la cantidad de calor que se ha

s paredes esteriores del vaso en un tiempo dado, y que de ellas ede pasar á las interiores, y despues á la porcion del líquido que vaporiza. Estas dos consecuencias exigen alguna esplicacion.

362 » *Del punto de ebullicion.* Las causas que pueden hacer riar el punto de ebullicion de un mismo líquido son: 1.ª la presion e se ejerce en su superficie; 2.ª su cohesion; 3.ª la naturaleza del so que le contiene; 4.ª la profundidad de su masa; 5.ª las sustan- s que pueda tener en disolucion.

1.ª » Al nivel del mar á la presion comun de 760 milímetros 2,74 pulgadas españolas) hierve el agua á 100°. En la cima del nte Blanco cuya altura es de 4775 metros (17137 pies españo-), y en que la presion atmosférica es próximamente de 417 milí- tros (215,6 líneas españolas) el agua debe entrar en ebullicion á temperatura que corresponda á la tension de 417 milímetros que la tabla del (§ 359) viene á corresponder á 84° poco mas ó nos. Si pudiese uno elevarse á mayor altura, la presion sería me- y la ebullicion se verificaría entónces á una temperatura aun s baja. En general, conocida la tabla de tension del vapor de un ido, será fácil hallar su punto de ebullicion *á una presion dada*, sto que siempre será el grado de calor que dé al vapor la máxi- tension capaz de vencer esta presion. Recíprocamente se podrá er hervir un líquido á una temperatura dada, puesto que siempre tará disminuir la presion hasta el punto de que sea menor que tension del líquido para esta temperatura. Por ejemplo, á una sion de 30 milímetros (15,5 líneas españolas) el agua debe her- á 30°; pues que á esta temperatura, la tension del agua es algo or que 30 milímetros; á una presion de 10 milímetros (5 líneas añolas) debe hervir á los 11°; y á una presion de 5 milímetros líneas españolas) debe hervir á 0°.

» La variacion del punto de ebullicion ha sido verificada tam- con esperimentos directos, en sitios elevados, en los Alpes, en Pirinéos y en otras montañas.

» Luego el agua hirviendo no está igualmente caliente en to- los parages de la tierra; y por consiguiente no es propia en al grado para los usos domésticos, y para la preparacion de alimentos.

Quito, por ejemplo, hierve el agua á 90°, y esta tempera- s demasiado baja, para cocer sustancias que deban serlo á La tabla siguiente contiene puntos de ebullicion del agua en s parages habitados cuyas alturas son bien conocidas.

LOS LUGARES.	ALTURA SOBRE EL OCEANO expresada en		ALTURA MEDIA DEL BAROMETRO expresada en		G de ci
	metros.	*pies españ.*	*milimet.*	*lin. esp.*	
ana.	4101	14718	454	235	
ampa (Perú). . . .	3618	12985	483	250	
. . . . .	2908	10437	527	272	
rca (Perú).	2860	10264	531	275	
á.	2661	9550	544	281	
(provincia de Quito). .	2633	9450	546	282	
. . . . .	2277	8172	572	296	
ardo.	2075	7447	586	303	
i (Alpes marítimos). .	2040	7321	588	304	
alle del monte Cerimo).	2007	7203	591	306	
(Bajos Alpes). . . .	1902	6826	599	310	
. . . . .	1604	5757	621	321	
irineos).	1465	5258	632	327	
ie (id.).	1444	5182	634	328	
. . . . .	1306	4687	645	333	
(Pirineos).	1269	4554	648	335	
lonso (España). . . .	1155	4145	657	340	
de Oro (Auvernia). . .	1040	3732	667	345	
. . . . .	828	2972	685	354	
. . . . .	608	2182	704	364	
. . . . .	566	2031	708	366	
. . . . .	538	1931	710	367	
. . . . .	507	1820	713	369	
. . . . .	475	1705	716	370	
. . . . .	452	1622	718	371	

Temperatura que toma el agua en la caldera.	Relacion de la superficie del orificio á la del agua que recibe el fuego.
100°.	$\frac{1}{1000}$ y mas
105.	$\frac{1}{1000}$
115.	$\frac{1}{10000}$
138.	$\frac{1}{20000}$.

ece que en el mismo tiempo, la cantidad de vapor que
a abertura es la misma poco mas ó ménos. Así en 1
gua vaporizada que sale de una caldera enteramente ab
le temperatura, sería casi el mismo que el peso del a
a que saliere de la misma caldera á 138°, por una ab
uperficie fuese $\frac{1}{20000}$ de la del agua que recibe el fueg
La cohesion del líquido puede tener una influencia
este principio, que *á la temperatura de la ebullicio*
ástica del vapor es igual á la presion del aire. En el
ıjitas de vapor, no pudiendo formarse sin separar d
culas que las rodean, se concibe bien, que en su or
e romper la cohesion del líquido y vencer la presion est
la cohesion es una resistencia sensible, será preciso q
ástica del vapor sea capaz de influir sobre estas dos

e se ejerce en la superficie, las moléculas del fondo sufren todavia presion debida á la capa líquida superior. Así, en una caldera na de agua, de treinta y dos pies de profundidad, las capas del ndo sufren dos atmósferas, y por consiguiente las búrbujas de var no pueden formarse en ella, á ménos que la temperatura no sea 121°; este es, pues, el punto de ebullicion del agua á esta prondidad. Pero las capas superficiales no pudiendo tener sinó 100° temperatura, sucede que las capas del fondo se elevan sin cesar, virtud de su dilatacion, forman búrbujas á causa de la diminum de presion y por consiguiente se enfrian, y pasan sucesivamenpor todas las temperaturas desde 121° hasta 100°. En los vasos e solo tienen algunas pulgadas de profundidad, se produce un femeno análogo, ántes de principiar la ebullicion. Las capas del fonroban á las paredes del vaso bastante calor para vaporizarse; las rbujitas se forman y suben, pero ganando las capas superiores e están aun demasiado frias, se condensan repentinamente. De aquí ce aquel ruido singular que precede algunos instantes á la ebullida de los líquidos. Se asegura uno de esto con facilidad haciendo esperimento en globos de vidrio, porque se ven formar las búrbu, elevarse un poco, y desaparecer enteramente.

5.ª »El punto de ebullicion de un líquido no sufre mudanza por ner en suspension mecánicamente en su masa cuerpos estraños, co partículas de arena en el agua. Pero muda siempre que los cuerpos están químicamente combinados con la sustancia. Todas las sa solubles, por ejemplo, retardan el punto de ebullicion del agua; un fenómeno digno de observarse es, que el vapor que dan estas soluciones, es vapor de agua perfectamente puro, sin rastro alguno las sustancias disueltas. He aquí los puntos de ebullicion de alnas disoluciones saturadas

Sal comun.	109°
Muriato de amoniaco.	114,4
Nitro.	115,6
Tartrato de potasa . . . . ,	116,7
Nitrato de amoniaco.	125,3
Subcarbonato de potasa. . .	140,0.

»Así, en la disolucion de sal comun, por ejemplo, el vapor que forma durante la ebullicion, lo hace á 109° y á la presion de 60 milímetros (392,768 lin. españolas); resulta de aquí una profiedad útil muchas veces en las artes, y es, que con vapor de agua

á 100°, se puede producir una temperatura mucho mas elevada que 100°; porque si se hace llegar una corriente de vapor de agua á una disolucion de subcarbonato de potasa á 100°, el vapor se condensará allí, y depositará en él su calórico latente, hasta que la temperatura de la disolucion llegue á 140°, puesto que solo á este término la fuerza elástica del vapor que llega podrá ser contrabalanceada y detenida por la fuerza elástica del vapor que se desprende.

»Cuando un líquido se ha combinado con otro mas ó ménos volátil que él, hay todavía mudanza en el punto de ebullicion; pero entónces el vapor que se forma es una mezcla en diversas proporciones de los vapores de los dos líquidos. Así, el alcool adelanta el punto de ebullicion del agua; el ácido sulfúrico le retarda; y en ambos casos los vapores se mezclan simplemente, aunque los líquidos se hallan combinados químicamente.

363 »*De la rapidez de la ebullicion.* La cantidad de vapor formada por ebullicion depende de la cantidad de calor que recibe el líquido en un tiempo dado; esta cantidad de calor depende 1.° de la actividad del hogar; 2.° de la naturaleza y espesor de las paredes de la caldera; 3° de la estension de la superficie líquida que recibe la accion del fuego.

1.° »La actividad del hogar depende de la disposion del horno y particularmente de la naturaleza del combustible; porque la leña, el carbon, la turba, la hornaguera ó carbon de piedra, y la antracita no dan, á igualdad de peso, la misma cantidad de calor, y no son tampoco capaces de producir la misma temperatura.

2.° »La superficie esterior de la caldera puede ser mas ó ménos propia para recibir la accion del fuego, y para absorver el calor; y tambien se verifica que la naturaleza de las paredes y su espesor tienen considerable influencia en la cantidad de calor que puede atravesarlas en un tiempo dado.

3.° »El agua que recibe la accion del fuego, es la que toca á las paredes calentadas de la caldera; y si cada parte de dichas paredes suministra la misma cantidad de calor, es evidente que el agua vaporizada, en un tiempo dado, es proporcional á la estension de la caldera que puede tocar la llama. Esto es lo que han confirmado algunos esperimentos, cuya precision al ménos es suficiente para la práctica: parece que en las circunstancias mas favorables, con un fuego tan intenso como sea posible, cada centímetro cuadrado (21 lin. cuadradas españolas) de la superficie caliente del líquido, pu *vaporizar* diez gramas (200,3 granos del marco español) en una

ora, ó cada metro cuadrado (12,88 pies cuadrados españoles) 100 ilógramas ó 100 litras (49,58 azumbres españolas); pero siendo fuego, en el uso comun, ménos intenso y ménos sostenido, solo obtiene en una hora la mitad ó el tercio de este resultado, es ecir, de 4 á 5 gramas (de 80 á 100 granos españoles) próximaiente por centímetro cuadrado (26,7 lin. españolas cuadradas) ó de o á 50 litras (de 19,83 á 24,79 azumbres españolas) por meo cuadrado (12,88 pies cuadrados). Se deja bien conocer cuan imortante es este dato en las artes; puesto que por él, se pueden eterminar de antemano las dimensiones que deben darse á las caleras de vapor. Se sabrá por ejemplo que si una caldera debe vaorizar 500 litras de agua (247,9 azumbres españolas) cada hora, preciso colocarla en el horno, de modo que 10 metros cuadraos (128,8 pies españoles cuadrados) de la superficie lo ménos, esén directamente en contacto con la llama.

Tabla de los puntos de ebullicion de diversos líquidos.

	Grados.	
Eter sulfúrico.	37,8	Gay-Lussac.
Azufre carbonado.	47,0	idem.
Alcohol.	79,7	idem.
Disolucion saturada de sulfato de sosa.	100,7	Biot.
Disolucion de acetato de plomo.	102	idem.
Disolucion de muriato de sosa.	106,9	idem.
Aceite de trementina.	157	
Fósforo.	290	
Azufre.	299	
Ácido sulfúrico.	310	
Aceite de linaza.	316	
Mercurio.	350	

364 Pág. 359 »*De la evaporacion.* La evaporacion es la formacion del vapor en la superficie libre de los líquidos, mientras que la ebullicion es, como acabamos de ver, la formacion del vapor en el seno de la masa. El agua se evapora en la superficie de los rios, lagos y mares; se evapora en la superficie de la tierra, en el suelo y en las plantas, y es evidente que entónces no tiene fuerza elástica capaz de vencer la presion del aire. Así, las observaciones mas comunes nos hacen ver, que el vapor se forma en el agua á toda temperatura, y que se exhala en el aire con las mas débiles tensiones.

Al principio se había creido ser necesaria una afinidad química, entre las moléculas de aire y de vapor, para la produccion de este fenómeno; pero hemos visto que no hay necesidad alguna de recurrir á las fuerzas químicas; el vapor, por débil que sea su tension, se mezcla con el aire, como lo harían dos gases entre sí. La única condicion para que un líquido se evapore es pues que las capas de aire que le rodean no se hallen saturadas de vapor; y como en la mezcla de dos gases sucede que las moléculas del uno son un obstáculo mecánico á la difusion de las moléculas del otro, tambien sucede en la evaporacion, que el aire opone una resistencia á la difusion del vapor. Así en una atmósfera en perfecta calma, la evaporacion es lenta; y al contrario, en una que esté agitada, es cada vez mas rápida, á causa de que las capas no saturadas se ponen sin cesar en contacto con el líquido. Un viento seco, animado de una velocidad infinita, soplando en la superficie de un lago, produciría en él una evaporacion tan instantánea, como la que se verificase en un vacío infinito; porque las moléculas de vapor serían trasportadas tan velozmente que no podrían ejercer presion alguna sobre las moléculas de agua, para impedirlas el vaporizarse á su vez.

» La rapidez de la evaporacion no depende solo de la agitacion del aire; sinó tambien de la tension del vapor, ó mas bien de la diferencia que existe entre la tension del vapor que se forma, y el existente ya en el aire. Resulta de los esperimentos de *Dalton* sobre este objeto, que la cantidad de líquido, que puede vaporizarse en un tiempo dado, es siempre proporcional á esta diferencia de tension. Así, en un aire perfectamente seco á 11° de temperatura, se vaporiza, á igualdad de superficie, tanta agua poco mas ó ménos como pudiera vaporizarse á 30° en un aire húmedo, que contuviese vapor á 20 milímetros (una línea española) de tension.

» Apenas es necesario observar que á igualdad de todas las demas circunstancias, la cantidad de agua que se evapora en un tiempo dado, es proporcional á la estension de la superficie sobre la cual toma principio el vapor.

» Los demas líquidos se evaporan al aire libre, siguiendo los mismos principios que el agua; solamente se puede decir, que respecto de ellos, la rapidez de la evaporacion es proporcional á la tension del vapor; porque, en general, cuando se vaporizan, no hay en el aire vapor preexistente que pese sobre la superficie líquida, y retarde la evaporacion.

365 » *Del frio producido por la vaporizacion.* Cuando un

líquido está en ebullicion al aire libre, conserva una temperatura fija; porque recibe del hogar, por las paredes del vaso tanto calórico como absorve el vapor para formarse; cuando la ebullicion se efectúa bajo el recipiente de la máquina neumática, la temperatura disminuye gradualmente, porque entónces el vapor debe robar á la masa líquida y á los cuerpos cercanos, el calórico latente necesario para su formacion.

366 »*Congelacion del agua en el vacío.* Se pone bajo el recipiente de la máquina neumática un vaso de cristal ancho, con ácido sulfúrico; algunas pulgadas mas arriba se pone una cápsula de metal de poco grueso y muy ensanchada, con algunas gotas de agua; comunmente esta cápsula está colgada de tres hilos ó tres cintas ó bandas de metal muy finas, que se ajustan en los bordes del vaso de cristal. Al cabo de algunas emboladas, entra el agua en ebullicion; continuando haciendo el vacío, cesa; y cuando el vacío se ha hecho tan completo como es posible, á pocos instantes aparecen en la cápsula agujas de hielo, y despues, toda el agua que contiene forma una masa solida. Este esperimento curioso lo debemos á *Leslie.* El ácido sulfúrico absorve el vapor de agua á medida que se forma, y determina de este modo una evaporacion mas pronta. Todo cuerpo que tenga una gran facultad absorvente, produce el mismo efecto; la harina de avena, tostada algun tanto es muy adecuada para este objeto. La cápsula es muy delgada, porque debe participar del enfriamiento, y se la aisla de los cuerpos vecinos, para que no reciba calor de ellos. Se ha empleado este procedimiento con algunas modificaciones para fabricar el hielo en Londres, pero con poco éxito.....

»El frio que se deja sentir en la mano cuando caen en ella algunas gotas de un líquido volátil, y en general, el observado en la superficie de los cuerpos húmedos, son fenómenos procedentes de la misma causa.

»Las *alcarrazas*, usadas en España y en otras naciones, para refrescar el agua, y las bebidas espirituosas, son vasos porosos que presentan á la evaporacion, una gran superficie húmeda. El líquido interior se filtra al través de las paredes; se evapora prontamente en un aire algo agitado; y renovándose sin cesar esta accion, el vaso y el líquido contenido en él, se mantienen en virtud de esto á una temperatura de 10°, 15° ó 20° inferior á la temperatura ambiente.

»Por una razon semejante, las plantas deben estar en general, una temperatura mas baja que la del aire, porque sus tejidos esiores, hacen mas ó ménos el oficio d

»La traspiracion abundante, y la exhalacion que sin cesar se efectúa en los cuerpos vivos, son igualmente una causa de enfriamiento; verémos en lo sucesivo, al hablar del calor animal, que la sangre de los animales de sangre caliente tiene una temperatura fija, que no puede subir ni bajar sin los mas graves inconvenientes, y que no puede variar algunos grados sin seguirse la muerte. En cuanto al hombre, cualquiera que sea el clima donde habite, esta temperatura es fija y de 37°. Así, bajo la Zona tórrida, donde el aire llega muchas veces á 50° de temperatura, viven los hombres en esta atmósfera abrasadora sin participar de su temperatura; la actividad de la traspiracion está proporcionada sin cesar á la energía del calor, y estas causas contrarias se contrapesan con tanta armonía, que la sangre de un negro está casi á 37° como la sangre de un lapon.

367 Pág. 364 »*De la comunicacion del calórico. De la conductibilidad.* Esta es una propiedad de que gozan los cuerpos, de absorver el calor y repartirlo en su masa. Se distingue la *conductibilidad esterior* ó la *penetrabilidad*, y *conductibilidad propia* ó la *permeabilidad*. En virtud de su penetrabilidad, un cuerpo deja el calórico pasar de su superficie á la de un cuerpo contiguo, ó *vice-versa*; por su *permeabilidad* deja pasar el calórico de un punto á otro de su masa. Por ejemplo, sumergida una barra de fierro por uno de sus estremos en un baño de plomo fundido, se sabe que el calor se va comunicando poco á poco en toda la longitud de la barra, y al fin se deja sentir hasta una gran distancia. Pero la cantidad de calor que entra por una estension dada de la parte sumergida depende de la penetrabilidad, y la que pasa de una seccion á la siguiente depende de la penetrabilidad y de la permeabilidad, por depender de las pérdidas que se verifican en lo esterior por la superficie libre, y de la facilidad con que se propaga el calórico de una molécula de fierro á la siguiente.

368 »*Conductibilidad de los cuerpos sólidos.* Cuando una barra prismática muy larga se sumerge en un baño de calor por uno de sus estremos, todas sus secciones diversamente remotas del baño, toman sobre el aire que las rodéa temperaturas diferentes; y establecido el equilibrio, teniendo cada una el calor que debe conservar, se verifica la notable ley de que *aumentando en progresion aritmética las distancias al baño, disminuyen los escesos de temperatura en progresion geométrica.* Esta ley solo se ha verificado en temperaturas no muy elevadas. Para comparar las conductibilidades propias de las diversas sustancias, se tiene costumbre de revestirlas de algu-

nas capas de barniz, á fin de darles la misma penetrabilidad; pero aun con estas precauciones no se consigue el objeto sinó imperfectamente; de modo que las relaciones de conductibilidad propia, que se llegan á obtener, no son sinó aproximaciones. Esta es la idéa que se debe fijar á los números contenidos en la siguiente tabla:

Oro	2004
Plata	1950
Cobre	1800
Fierro	750
Zinc	729
Estaño	609
Plomo	360
Mármol	47
Porcelana	24
Tierra de hornos	23

Con todo, estos números bastan para manifestar que, entre los diferentes cuerpos, hay una prodigiosa diferencia de conductibilidad propia. Los metales son *muy buenos conductores* respecto de los demas cuerpos, y entre ellos ocupa el primer lugar el oro, y el último el plomo. Entre los *malos conductores*, el vidrio y particularmente el carbon, parecen los peores.....

»Todos los cuerpos reducidos á filamentos muy finos ó á partículas muy pequeñas son malos conductores; así, el polvo de carbon, el ladrillo molido, la arena, el vidrio en polvo retienen muy bien el calor, del mismo modo que la lana, la seda, las plumas, &c.

369 »*Conductibilidad de los líquidos.* Las mudanzas de densidad que acompañan á las de temperaturas, producen en los líquidos movimientos contínuos que mezclan todas sus partes; al instante que algunas moléculas de la masa vienen á ser mas densas ó mas ligeras, caen ó se elevan; y todas las moléculas que encuentran, participan mas ó ménos de sus temperaturas y de sus movimientos. Estos fenómenos interiores de las masas líquidas pueden hacerse sensibles con el esperimento siguiente: se mezclan en el agua partecillas visibles, de la misma densidad que ella sobre poco mas ó ménos, por jemplo, serrin de roble ó de boj; y despues se hace calentar ó enfriar en una campana de paredes delgadas (fig. 53 lám. 3.ª)

»Siendo de 15 á 20 grados la temperatura ambiente, el enfriamiento de la parte inferior determina corrientes descendentes con-

tra las paredes, y en el medio de la masa una corriente ascendente; el enfriamiento de la parte superior producirá el mismo efecto. Al contrario, el calentamiento de la parte inferior produce corrientes ascendentes contra las paredes y una corriente descendente en el medio. Toda la masa participa bien pronto de la depresion ó elevacion de temperatura y se deduce que es mas bien por mezcla que por conductibilidad. Sin embargo, si se calienta la masa por arriba, las moléculas recalentadas teniendo el lugar que conviene á su densidad, ningun movimiento se manifiesta, y entónces la cuestion de la conductibilidad se reduce á saber si en este caso la capa superior sola se recalienta, ó si el calor se propaga de capa en capa á través de las moléculas inmóviles del líquido.

370 Pág. 368 »*Conductibilidad de los gases.* Siendo los gases mas dilatables aun y mas móviles que los líquidos, se concibe con facilidad la mudanza de temperatura en algunos puntos de su masa, producen en ella corrientes mas numerosas y movimientos mas rápidos. Así, la conductibilidad de los gases es aun mas difícil de observar que la de los líquidos; sin embargo, todos los esperimentos están acordes en manifestar que es tambien muy débil, y que el calor no pasa sinó muy lentamente de molécula á molécula en las capas que están en reposo.

»Esta propiedad es útil en las Artes: para conservar el calor en un recinto, ó para impedirle penetrar en él, basta hacer dos cubiertas entre las cuales se encierre herméticamente una capa de aire de una ó dos pulgadas de grueso, cuyos movimientos se entorpecen por algunos dobleces de paja ó por alguna otra sustancia filamentosa.

371 Pág. 369 »*Del calórico radiante. De la existencia del calórico radiante y de la idéa que se puede uno formar de los rayos caloríficos.* El calórico radiante es el que pasa á través de ciertos cuerpos, como lo hace la luz á través de los cuerpos diáfanos. El calor solar no viene á la tierra sinó despues de haber atravesado toda la capa atmosférica; y si el aire se calienta en un dia sereno, todos saben que los cuerpos se calientan tambien por los rayos del sol, y que en general su temperatura es mucho mas elevada que la del aire. Luego una parte del calor del sol atraviesa como la luz todo el espesor de la atmósfera sin ser absorvido. Del mismo modo, el fuego de un hogar nos calienta estando nosotros á cierta distancia, sin que las capas de aire que nos separan de él se calienten sucesivamente; pues se percibe con facilidad que permanecen frias y aun que pueden agitarse y renovarse rápidamente sin que á la misma

distancia se deje sentir el mas mínimo efecto. Una bala enrojecida al fuego, suspendida en medio de un aposento es aun mas propia para manifestar este fenómeno: de todas partes al rededor de ella se recibe una impresion de calor, miéntras que el aire ambiente, que no la toca, conserva sobre poco mas ó ménos su estado de reposo y su temperatura primitiva. Así, los cuerpos que están calentados hasta el punto de producir luz, tienen al mismo tiempo la propiedad de emitir al rededor de ellos, en todas direcciones, calórico que pasa al través del aire, como la luz á través de los cuerpos diáfanos. En virtud de esta analogía es como se dice hablando del calor, *rayos caloríficos*, *rayos de calórico*, *ó rayos de calor*, así como, al hablar de la luz, se dice, *rayos luminosos*, *ó rayos de luz*.

Pág. 371 »El hielo mismo y los cuerpos mas frios que el hielo gozan tambien de esta propiedad funtamental (del calor radiante). Así, todo cuerpo, cualquiera que sea, es, con relacion al calor, lo que una bugía inflamada es con relacion á la luz: de todos los puntos de la llama parten rayos luminosos que se difunden á lo léjos en el espacio; igualmente, de todos los puntos de un cuerpo cualquiera parten rayos de calor que atraviesan el aire, y se propagan libremente, hasta que encuentran algunos cuerpos que los detienen.

Pág. 374 »Pues que el *calor oscuro* se propaga por radiacion como el *calor luminoso*, es probable tambien que se refleje como él... verificándose que los *poderes radiantes son entre sí como los excesos de temperatura de la bola focal.* Así, la cara pulimentada dando á esta bola un esceso de temperatura de 1°, y la cara no pulimentada un esceso de 3°, el poder radiante de esta es tres veces tan grande como el poder radiante de la primera.

Pág. 377 »Para comparar los poderes radiantes de los diferentes cuerpos, se puede uno servir de un cubo semejante al anterior de caras laterales muy delgadas, y sucesivamente recubiertas de sustancias diferentes: vidrio, papel blanco, ó de diversos colores, hollin &c. Todas estas sustancias deben formar por sí mismas capas poco espesas para que sus superficies sean exactamente mantenidas á la temperatura del agua interior. Representando por 100 el poder radiante del negro de humo, que es el mayor que se observa, los poderes radiantes de las otras sustancias se hallarán proporcionalmente representados por números mas pequeños, como se vé en la tabla siguiente:

Negro de humo.	100
Agua.	100
Papel de escribir.	98
Crownglass.	90
Tinta de china.	88
Agua helada.	85
Mercurio.	20
Plomo brillante.	19
Fierro pulimentado.	15
Estaño, plata, cobre, oro. .	12

»Cuando se humedece ligeramente con algun líquido, como te, agua, &c., una superficie metálica pulimentada, su poder en se aumenta inmediatamente en una gran proporcion; una capa mamente delgada de barniz produce un efecto análogo; y lo q muy notable, es que, una segunda capa aumenta este efecto; i mente una tercera, y asi sucesivamente hasta un cierto límite d pesor. Resulta de aquí, que los rayos de calor no parten solar de la superficie matemática de los cuerpos; sinó que parten ta de las capas interiores, hasta una profundidad sensible debaj esta superficie.

372 Pág. 382 »*De la transmision del calórico radian* calórico radiante no solo pasa libremente al través del aire, sin pasa aun del mismo modo á través del agua, del vidrio, y mayor, parte de los cuerpos diáfanos.....Sin embargo, sufriendo l misma alguna absorcion en los cuerpos mas trasparentes, se concluir por analogía, y verificar tambien por esperiencia, q calor radiante es absorvido en parte, cualquiera que sea el dio que atraviese.

373 Pág. 384 »*De las leyes del enfriamiento.* Los mas hà Físicos han hecho esperimentos y observaciones matemáticas sol enfriamiento de los cuerpos desde *Newton*, que es el primero q establecido algunos principios sobre esta materia. Sin embarg cuestion quedaba aun envuelta en dificultades insuperables, y habian dado sinó algunos pasos inciertos hácia su solucion, cu *MMrs. Dulong y Petit* han llegado á resolverla de una manera pleta. Su trabajo, premiado por la Academia de las Ciencias en es un modelo de exactitud y de invencion, que los jóvenes Fí

pueden ménos de estudiar con esmero. Vamos á dar aquí un
acto muy abreviado de dicho trabajo.

"*Ley de enfriamiento en el vacío.* Un cuerpo aislado en un re-
o vacío, no puede calentarse ni enfriarse sinó por el cambio del
r radiante, que se verifica entre su superficie y la del recinto.
este cuerpo es sólido, su naturaleza, el estado de su superficie,
nagnitud, su forma, y la conductibilidad de su sustancia, ten-
n una influencia en los resultados; si es líquido, la mezcla que
ace por las corrientes conserva toda la masa á la misma tempe-
ra, desaparece la influencia de la conductibilidad, y ya no hay
considerar la naturaleza del líquido, la superficie del vaso, su
na y magnitud. Mas para distinguir lo que pertenece á cada uno
estos elementos, es necesario saber lo que se llama *velocidad del
riamiento y ley del enfriamiento.*

»Cuando un cuerpo está mas caliente que las paredes del recin-
n que se halla colocado, su temperatura disminuye á medida
el tiempo pasa; y su velocidad de enfriamiento, en un instan-
dado, es la relacion que existe entre la depresion de temperatu-
y la duracion de este instante.

»Así, cuando un cuerpo es mucho mas caliente que el recinto,
uando su depresion de temperatura es por ejemplo, de 10° en 1'',
velocidad de enfriamiento, es dupla de lo que será, cuando des-
s de haberse enfriado cada vez mas, llegue á perder solo 5° en 1''.
de el primer instante del enfriamiento hasta el último la veloci-
l es variable y siempre decreciente; y se llama *ley de enfriamien-
la correspondencia que existe entre todas estas velocidades su-
ivas.* Resulta de aquí, que para dos cuerpos dados, las velocida-
del enfriamiento pueden ser muy diferentes, permaneciendo la
ma ley del enfriamiento: porque basta para esto, que las veloci-
es correspondientes á los mismos instantes, tengan entre sí las
mas relaciones. *MMrs. Dulong* y *Petit*, se han cerciorado con
merosos esperimentos de ser siempre la misma la ley del enfria-
nto de los líquidos, y no depender de la naturaleza, ni del volú-
n del líquido; ni de la forma, ni de la superficie del vaso; ni de
nagnitud del poder radiante del recinto. Esta ley general del en-
miento estriba en los principios siguientes:

1.° »Cuando un cuerpo está en equilibrio de temperatura en un
nto sin poder reflectente cuya temperatura es constante, la velo-
d de su enfriamiento es igual á la velocidad del calentamiento
el recinto propende á comunicarle.

2.° »La *velocidad absoluta* del enfriamiento de un cuerpo (
decir, la que tendría, si no recibiese ningun rayo para compen
sus pérdidas) aumenta en progresion geométrica, cuando la tempe
tura de este cuerpo lo verifica en progresion aritmética.

374 Pág. 387 »Ley del *enfriamiento en los gases*. Un cue
que se enfria en un recinto lleno de gas, lo verifica en virtud de
causas; 1.ª por la radiacion; 2.ª por el contacto del gas. Pero
primer resultado notable, es que la presencia del gas no modifica
modo alguno los cambios de calor que se hacen por radiacion;
donde resulta, que, conocido el enfriamiento total, que esperim
un cuerpo sumergido en un gas, basta que de él se reste el enf
miento que esperimenta este cuerpo en el vacío, para tener la p
del enfriamiento debida al contacto solo del gas.

»Los fluidos elásticos sometidos á la esperiencia son; el a
el gas hidrógeno, el ácido carbónico y el gas oleificante; he
las leyes generales de sus poderes enfriantes.

1.ª »Las pérdidas de calor debidas al contacto de un gas
á igualdad de todo lo demas, independientes del estado de la su
ficie del cuerpo que se enfria.

2.ª »Las pérdidas de calor debidas al contacto de un gas cr
con los escesos de temperatura segun una ley que es la misma, c
quiera que sea la elasticidad del gas.

3.ª »Para una misma diferencia de temperatura, el poder
friante de un mismo gas, varía en progresion geométrica, cu
su fuerza elástica varía en progresion geométrica; y si se supon
razon de esta segunda progresion igual á 2, la razon de la pri
ra será 1,366 para el aire; 1,301 para el hidrógeno; 1,431
el ácido carbónico; y 1,415 para el gas oleificante.

»Las propiedades del calórico radiante, y las leyes del enf
miento en el vacío, y en los gases, tienen sus aplicaciones en
multitud de fenómenos naturales. Verémos en los Elementos de
teorologia, que partiendo de estos principios, pueden esplicars
escarcha, el hielo, y el rocío; que se puede dar razon de las t
peraturas de la tierra en diversas latitudes, de la temperatura
las aguas, y de las diferentes regiones del aire, y que por últ
puede medirse con exactitud la cantidad total de calor, que el
envia á la tierra cada año.

375 Tomo 2.° Parte I de la misma obra de *Mr. Pouillet*
n Paris año de 1829.

22 »*Absorcion y filtracion*. La accion absorvente

cen los cuerpos porosos en los líquidos que los pueden mojar, es lentemente una accion capilar; todos sus pequeños intersticios son logos á tubos mas ó ménos finos; sus paredes se revisten prime- ente de una capa líquida, y esta capa obra despues para atraer íquido inmediato en virtud de su densidad, y para retenerle en ud de su cohesion. La rapidez de la absorcion depende, en ge- l, de la forma y magnitud de los poros del cuerpo absorvente, la atraccion que por su naturaleza ejerce sobre el aire de que es- mpregnado, de la que ejerce sobre el líquido, y últimamente a que ejerce el líquido sobre sí mismo: siendo porosos todos los pos, parece que todos ellos deben ser absorventes.

»La filtracion del agua á través de las *piedras de filtrar*, ó á és de la arena y del carbon, la de los licores espirituosos á tra- de los papeles sin cola, y la de muchos líquidos á través de tejidos de lana ó de algodon, son otros tantos ejemplos de la rcion que ejercen ciertos cuerpos en varios líquidos. Porque un no obra como una criba para detener solamente las partecillas son mas gruesas, sinó que se moja por la capilaridad, trasmi- l líquido independientemente de la presion, y todas las gotas que n han estado sometidas constantemente en su tránsito sinuoso á atraccion mas ó ménos considerable.

76 Pág. 24 »*Absorcion en los vegetales.* La savia se difun- n todas las partes de la planta, desde el estremo de las raices a la punta de las ramas ó de las hojas mas elevadas: esta di- on del jugo nutritivo por intersticios mas ó ménos delicados y uentemente aun por tubos de un diámetro sensible, es un fenó- o que presenta necesariamente algunas analogías con los fenóme- capilares. Por esta causa referirémos aquí los resultados de los rimentos mas notables hechos sobre esta materia; los estractaré- particularmente de la *Estática de los vegetales* de *Hales*, obra aun despues de un siglo de publicada, es no solamente un mo- de sagacidad y precision, sinó tambien una de las recopilacio- mas completas sobre este punto importante de la *Fisiologia vegetal.*

»Para encontrar la cantidad de agua absorvida y evaporada por rsas plantas, Hales se servía del aparato siguiente: *p'* (fig. 54 3.ª) es un tiesto ó una maceta de tierra sin abertura en el fon- *ll'* lámina de plomo, en dos partes soldadas con un betun de y de trementina al rededor del tiesto y en el diámetro de reunion; ertura para dejar pasar el vástago; *t* tubo para regar y dejar r ó entrar el aire.

»Regando y pesando la planta por mañana y tarde se puede ver fácilmente lo que absorve y lo que ella pierde en un dia. La pérdida se hace en toda su superficie, y basta un cálculo muy sencillo para encontrar el espesor de la capa de agua que se evapora en la unidad de superficie y aun para concluir la velocidad con que el líquido se eleva por el tallo. He aquí la tabla de los principales resultados.

Nombres de las plantas.	Cantidad de agua absorvida en 12 horas del dia valuada en pulg.s cúbicas.	Seccion del tallo en pulgadas cuadradas.	Velocidad del líquido en el tallo, ó núm.s de pulg.s que corre en una hora.
Girasol.	36	1	3
Col.	32	$\frac{2}{3}$	4
Vid.	9	$\frac{1}{4}$	3
Manzano. . . .	15	$\frac{1}{4}$	5
Limonero. . .	10	1	$\frac{5}{6}$

»La cuarta columna indica la velocidad con que el líquido se eleva en el tallo, suponiendo que sea de todo punto hueco como un tubo; así, la velocidad real es mucho mayor; en el caso de la vid, por ejemplo, cuya seccion era de $\frac{1}{4}$ de pulgada cuadrada, Hales habia encontrado por algunos ensayos, que la parte sólida ocupaba los $\frac{3}{4}$ de este espacio: las salidas por las cuales se elevaba el líquido eran pues $\frac{1}{16}$ de pulgada solamente, y la velocidad real era por consiguiente de 12 pulgadas por hora, ó de una pulgada en cada 5 minutos.

»No he referido los números precedentes sinó para dar una idéa de los fenómenos; por suponerse bien, que dependen del estado de la atmósfera, del de la planta, de la estension de las raices y principalmente de la cantidad de sus hojas ó de la superficie por que traspira.

»Sin embargo, *MMrs. Desfontaines*, *Mirbel y Chevreul* han repetido en 1811, con el mismo éxito que Hales; el esperimento sobre la absorcion del *girasol* (Helianthus annuus) y han obtenido casi el mismo resultado.

»Despues de haber comprobado la existencia de esta fuerza de aspiracion, Hales se propuso determinar su medida valiéndose del aparato siguiente (fig. 55).

CC', cubeta llena de mercurio.

tubo de algunas líneas de diámetro terminado por un tubo as ancho *T*.

, ramo que penetra en el tubo *T*, bien embetunado y recubierto muchos dobleces de vejiga húmeda fuertemente adheridos ó ata- s al tubo y á la rama.

»Llenos de agua los tubos se sumerge el estremo inferior en cubeta de mercurio, y se abandona el esperimento á sí mismo; fuerza de aspiracion se mide por la altura vertical de las co- mnas de agua y de mercurio que se elevan y permanecen sus- ndidas en el tubo. En los esperimentos de esta naturaleza no raro el que ramos vigorosos de una pulgada de diámetro con s hojas, hagan subir el mercurio muchas pulgadas en el tubo; en uno de los esperimentos de Hales, un tallo del manzano de que llaman *manzana de oro*, de 3 pies de longitud, le hizo bir cerca de 12 pulgadas en tres horas en el mes de julio cuan- o el sol calentaba mucho.

»Un esperimento notable prueba que esta fuerza de aspiracion o es una fuerza ascensional en el sentido natural del tallo; porque absorcion se hace con la misma intensidad cuando el tallo se oloca al reves (fig. 56).

»En fin, parece resultar de un gran número de esperimentos de Hales, que la fuerza de aspiracion es sensiblemente proporcional á superficie de evaporacion; porque, quitando las hojas, descorte- ando los tallos, ó cortándolos mas ó ménos cerca del tubo de spiracion, se ve que esta fuerza disminuye progresivamente.

»Nosotros, siguiendo á Hales y demas observadores, hemos des- rito estos fenómenos empleando su lenguage; y como ellos, los he- os atribuido por un momento á una *fuerza* de *aspiracion*. Pero omo ántes de admitir una fuerza nueva para esplicar un hecho, s necesario tener seguridad de que las fuerzas conocidas son in- apaces de producirle, debemos advertir que en todo lo que pre- ede, no hay nada que no pueda rigurosamente ser producido por doble accion de las presiones atmosféricas y de la capilaridad; se puede admitir que la presion atmosférica hace subir el líqui- o; que la capilaridad favorece este ascenso; y que obra particu- rmente para sujetarle, ó mas bien para impedir que el aire en- e por los poros superficiales y le haga correr de alto abajo.

377 Pág. 30 »Los Fisiologistas han tratado de indagar el rigen de esta fuerza de impulsion que recibe la savia en una cierta poca del año; pero en una cuestion tan delicada, los hechos valen

mas que largas discusiones, y nos limitarémos á referir sobr
punto los esperimentos recientes de un observador lleno de sag
á quien debe la ciencia muchos descubrimientos originales. *M*
trochet tomó un sarmiento de dos metros de longitud (unos
esp.); tronchó el estremo, y su savia principió á correr en ab
cia. Durante este movimiento, que se continuaba con una gr
gularidad, se cortó el tallo de un solo tajo al ras de la tierra
parado del tronco, la savia que contenía permaneció inmóvil,
ningun signo aparente de impulso; el tronco arrojaba, al co
muchas gotas, y cortado á su vez á una cierta profundidad,
tuvo repentinamente su savia. Cortada la raiz sucesivament
las raices fibrosas, se vió siempre el impulso de la savia mu
en la parte restante y completamente nula en la parte separa
te esperimento parece concluyente y *Mr. Dutrochet* dedujo e
que la fuerza impulsiva de la savia tiene su orígen en las nu
raicillas, de que el nabo se compone; las mismas raicillas es
minadas por un pequeño cono blanquecino, llamado *spongiole*
gunas observaciones directas inducen á *Mr. Dutrochet* á pen
este órgano particular es el verdadero sitio de la fuerza im
.....*Mr. Dutrochet* supone que es idéntica con la fuerza
dosmose y de *exosmose* que él ha descubierto."

378 El tomo 2.°, parte 2.ª impreso en 1830 contiene
teorologia; sigue la misma foliacion en dicha segunda part
la pág. 608, dice: "Se designaban en otro tiempo bajo el no
metéoros todos los fenómenos que se manifiestan accidentalm
los aires. Así, el *arco iris* y los *falsos soles* eran metéoros *lu*
las *trompas* y los *huracanes*, *metéoros aereos*; las lluvias
dinarias, metéoros *acuosos*; las exhalaciones ó *estrellas amb*
los *globos de fuego* y *el rayo*, *metéoros inflamados*, &c. La
cion de estos metéoros en el seno de la atmósfera escitaba al
pio el terror, así como se verificaba con la aparicion de los
las en el cielo. Pero despues de algunos siglos, los espant
imaginacion cedieron su lugar al espíritu de observacion;
pronto las causas ocultas, arrojadas del cielo y de la tierra,
consigo los efectos maravillosos, los prodigios y los presagios
zadores. Entónces principió el verdadero estudio de los mete
.....Pág. 617 »Para resolver esta cuestion de una mane
pleta serian necesarias, no solo observaciones pasageras, hec
puntos aislados del globo, sinó que serían indi
iones seculares, hechas con buenos instrumentos

os climas diferentes. Pero nosotros estamos léjos de poseer estos
entos esenciales; la mayor parte de las observaciones antiguas
an hechas como al acaso y con poca precision.

79 Pág. 628 »*Discusion de las temperaturas medias. Li-
isothermas.* En un mismo meridiano, la temperatura media
inuye, al pasar del ecuador hácia los polos; y en una misma
cal, la temperatura disminuye con la elevacion absoluta. Así, la
d y la altura sobre el nivel del mar son las dos causas genera-
ue determinan la temperatura media de un punto de la tierra;
el influjo de estas causas se halla modificado por una multitud
fluencias accidentales ó locales; la distancia al mar, la presencia
s montañas, la naturaleza del suelo, su cultivo é inclinacion,
reccion de los vientos y todos los fenómenos atmosféricos, son
tantas causas secundarias, ya constantes, ya variables, que
ican sin cesar las dos espresadas causas generales. Se concibe
nente desde entónces que viene á ser muy difícil establecer el
en medio de esta confusion, y someter á una ley comun fenó-
s tan variados. He aqui sin embargo algunas definiciones que
ervirán para aproximar los resultados y comprenderlos en un
pensamiento.

Concibamos, por ejemplo, que un viagero de la vuelta al mun-
rtiendo de París, y que pase por todos los puntos del hemisfe-
real, que tengan la misma temperatura media que en París, á
10°,6; la ruta que habrá corrido, formará al rededor de la
una *curva de igual calor*; esta es la que se llama una
isotherma. Así, una línea de esta naturaleza, es la que pasa
odos los puntos de la superficie de la tierra para los cuales la
ratura media es la misma. La línea *isotherma* de 10°,6, está
de coincidir con el paralelo de París; es irregular y sinuosa,
cir, que pasa por puntos cuya latitud es muy diferente..... El
io comprendido entre dos líneas isothermas es lo que se lla-
ma *banda isotherma* ó *una zona isotherma*.

Dividirémos el hemisferio boreal en seis zonas *isothermas*

La zona del 30° al 23°,5, esto es la zona tórrida.

2.ª	del.	23°,5.	al.	20°
3.ª	del.	20°.	al.	15
4.ª	del	15.	al.	10
5.ª	del.	10.	al.	5
6.ª	del.	5.	al.	0°

80 Pág. 646 »El suelo, en sus capas superficiales, desde al-

gunas líneas hasta una pulgada de profundidad, tiene siempre una temperatura muy diferente de la del aire. Su naturaleza química, su estado de agregacion, sus facultades conductrices, y radiantes, y su humedad ó sequedad, son otras tantas causas que modifican los grados de calor ó frio que adquiere durante el dia y la noche. Estas causas son tan numerosas y tan variables, que es difícil hacer su análisis, ó aun estudiar sus efectos por la esperiencia para someterlos despues á algunas leyes generales. Pero se puede asegurar, sin embargo, que la superficie del suelo toma ordinariamente, durante el dia, temperaturas mucho mas altas que la temperatura del aire, y durante la noche temperaturas mucho mas bajas. En nuestros climas no es raro hallar el suelo á 50° durante los calores del estío, y yo lo he visto una vez á 65° en un jardin de París en 1824; sucede tambien muy frecuentemente que durante la noche desciende 8 á 10° debajo de la temperatura del aire, y en los hermosos dias de invierno se pueden observar diferencias aun mayores.

381 » De la *temperatura á grandes profundidades.* Muchos observadores habían reconocido en otro tiempo que en las profundidades de las minas se esperimenta un calor sensible; pero en aquella época se ponía mucho mas cuidado en esplicar los hechos, que en observarlos. Se esplicaba, pues, este calor subterráneo ántes de haber hecho conocer su existencia de una manera positiva; y se esplicaba de diferentes modos: los unos como *Boyle*, lo atribuían á la descomposion de las piritas, ó mas bien á aquellas especies de fermentaciones á las cuales se recurría tan frecuentemente para esplicar los hechos embarazosos; los otros le miraban como una confirmacion ó una consecuencia de la famosa hipótesis del *fuego central* que se había imaginado en los tiempos mas remotos, y que estaba á su vez adoptada ó desechada por los Filósofos y por los Físicos. Mas cuando el espíritu de duda y de exámen reemplazó al espíritu sistemático; cuando se llegó á investigar la verdad por la via de los datos esperimentales y no por las sutilezas lógicas, se comprendió que la existencia ó la no existencia del calor subterráneo era una de las mayores cuestiones que la Física podía proponerse; y que para resolverla, una observacion termométrica sería mas eficaz que las mas elocuentes disertaciones. *Gensanne* parece ser el primer observador que ha llevado el termómetro á profundidades gradualmente crecientes, y que ha descubierto este hecho importante: *que la temperatura aumenta con la profundidad.*

s esperimentos remontan al año 1740: fueron hechos en las mi-
de plomo de *Giromagny* á tres leguas de *Beford*; y he aquí
resultados.

Profundidades.		Temperaturas.
01 metros.	362 pies esp.	12,5 centígrados.
06	739	13,1
08	1105	19,0
33	1554	22,7

»En 1785, de *Saussure* hizo esperimentos análogos en el can-
de Berna.

»En estas galerías abandonadas hace mucho tiempo, de *Saussu-*
halló las temperaturas siguientes.

Profundidades.		Temperaturas.
108 metros.	388 pies esp.	14,4 centígrados.
183	657	15,6
220	790	17,4

»En 1791, *Mr. de Humboldt* hizo tambien numerosas séries
esperimentos en las minas de *Freyberg* con *Mr. Feiseleben.* En
02, *Mr. D'Aubuisson* volvió á dar una nueva vida á esta cues-
fundamental; y despues de esta época, las observaciones se han
ltiplicado en las principales minas de Europa, en Francia, en
mania, y en Inglaterra, mientras que *Mr. de Humboldt* que par-
en 1798 para su memorable viage, escrutaba las temperaturas
las minas de la América hasta una profundidad de 522 metros
81 pies esp.)

»*Mr. Cordier* ha publicado en 1827, una Memoria notable so-
la temperatura de la tierra (*Memorias del Museo de Historia*
tural); sus propias investigaciones se encuentran allí reunidas á
que se habían hecho ántes de él, y contiene los principales re-
tados hasta ahora desconocidos, y cuyas principales consecuen-
s son:

1.° »Debajo de la capa invariable donde todas las oscilaciones
termómetro de la superficie vienen á apagarse de todo punto,
spues de un debilitamiento gradual, las temperaturas quedan per-
tamente constantes á todas las profundidades, sin sufrir la menor
riacion durante varios años.

»Esta consecuencia está justificada por todas las observaciones

sedentarias que se han continuado en algunas minas de Sajonia po espacio de muchos años con todas las precauciones convenientes.

2.ª »En todos los parages donde se han hecho observaciones de bajo de la capa invariable, se han encontrado, sin ninguna escepcion temperaturas que van creciendo con la profundidad.

3.ª »Si se procura espresar la ley segun la cual la temperatura aumenta con la profundidad, se hallan resultados muy diferentes para las diversas localidades.

»Se encuentra por ejemplo, que para obtener un incremento de 1° en la temperatura, es necesario descender.....

En Francia

cerca de 15 metros (54 pies esp.) en Decise.
19. . . (68 id. id.) en Littry.
28. . . (100 id. id.) en el Observatorio de París.
35. . . (126 id. id.) en Carmeaux.
40. . . (144 id. id.) en Bretaña.

»En Suiza

cerca de 26 metros (93 pies esp.) en las inmediaciones de Rex.

»En Sajonia

cerca de 40 metros (144 pies esp.) por término medio de diversas minas.

»En Inglaterra

cerca de 25 metros (90 pies esp.) en Cornoualles y en Devons-hire.

»En América

cerca de 25 metros (90 pies esp.) en Guanajuato.

»Así, en general, se puede decir aproximadamente, que para obtener un grado de incremento en la temperatura, es necesario descender de 25 á 30 metros (90 á 108 pies esp.) debajo del suelo; pero las irregularidades que se observan encima ó debajo de esta especie de término medio no tienen nada de sorprendente, cuando se reflexiona sobre todas las causas que pueden modificar la distribucion del calor en las diversas capas de la corteza del Globo.

382 »Acerca del decremento de temperatura, elevándose en altura vertical, si se toma el término medio entre todos los resultados; se encuentra 1° ménos en el termómetro centígrado para 163 metros (592 pies esp.) de elevacion. Pero este medio no es mas que una aproximacion que muda con los vientos y las estaciones; pues en el mismo lugar, entre Bareges y el pico de mediodia, ha sido necesario una vez 119 metros (427 pies esp.) en setiembre de 1805, otra vez 153 metros (549 pies esp.) en setiembre de 1810.

»Otros esperimentos hacen ver que, en general, el decremento no es proporcional á la altura; y cuando no se consideran sinó alturas muy pequeñas, como de 8 á 10 metros (29 á 36 pies esp.) se observan irregularidades singulares que dependen de la direccion del viento, de la presencia ó ausencia del sol, &c.; no es raro por ejemplo, ver entre estos límites la temperatura venir á ser creciente con la altura. Este fenómeno sucede en general en la noche hasta la mañana, cuando el aire está en calma y el cielo sereno; y es efecto de la radiacion.

»Por la misma causa se puede esperar encontrar algunas veces la temperatura sobre poco más ó ménos constante.

»*Mr. Humboldt* ha hecho en América un gran número de observaciones cerca del ecuador, en los andes de Quito y hácia el estremo boreal de la Zona tórrida, en las cordilleras de Méjico. Él ha sacado las consecuencias espresadas en la tabla siguiente:

Altura en	Temperatura media	Diferencias.
0 metros	(0 pies esp.) 27,5	
1000	(3589 id. id.) 21,8	5,7
2000	(7178 id. id.) 18,4	3,4
3000	(10767 id. id.) 14,3	4,1
4000	(14356 id. id.) 7	7,3
5000	(17945 id. id.) 1,5	5,5

»Así en estas regiones sobre los flancos de aquellas montañas ó ménos prodigiosas por su espesor que por su elevacion, el decremento de la temperatura no es uniforme; se ve que es el mas pequeño posible entre 1000 metros y 2000 metros (entre 3589 y 7178 pies esp.). Esta capa de la atmósfera es, bajo el ecuador, la region habitual de las nubes; allí es donde los vapores mas ó ménos condensados, absorven en mayor proporcion el calor solar, y no se debe uno admirar de que esta region sea en efecto ménos fria que las que pertenecen á un aire mas puro y mas trasparente.

»En las regiones polares, en *Ingloolick* cuya latitud es 69° 21′, el capitan *Parry* ha elevado una birlocha hasta 400 pies de altura con un termómetro de *mínimo*, sin observar una diferencia sensible de temperatura: en esta alta region el termómetro señalaba 31° debajo de cero, como al nivel del mar.

Se ha ensayado espresar por una fórmula general el decremento de la temperatura de la atmósfera. *Mr. Leslie* ha llegado á este resultado notable, á saber, que *la diferencia de temperatura entre dos estaciones es, en grados centígrados, igual á 25 multiplicado por la diferencia que existe entre la relacion directa y la relacion inversa de las alturas barométricas que pertenecen á estas dos estaciones.*

383 Pág. 663 »*Causas del frio que reina sobre las montañas y en las regiones elevadas de la atmósfera.* No emprenderémos insertar aquí la historia de las numerosas y estrañas hipótesis que se han hecho para esplicar el estado termométrico de la atmósfera y de las altas montañas; este asunto se presentaba por sí mismo á la imaginacion; y es necesario confesarlo, la imaginacion lo ha tratado con un verdadero lujo de invencion; y aun podríamos añadir que las obras mas modernas conservan algo todavía. Sin embargo, este fenómeno parece ahora muy simple; resulta de algunas propiedades del aire que son ya bien conocidas y están verificadas por la esperiencia: estas propiedades son las siguientes.

1.ª »El aire libre se calienta lentamente, y se enfria con rapidez.

2.ª »El aire caliente se eleva en virtud de su ligereza específica.

3.ª »El aire que se dilata toma una capacidad mayor para el calor.

384 Pág. 671 »*Temperatura de las aguas y formacion de los hielos. Temperatura de las fuentes.* Todas las fuentes abundantes tienen una temperatura que varía muy poco en las diferentes estaciones del año; para nuestro hemisferio, ellas obtienen en general su mas alto grado de calor hácia el mes de septiembre, y su mayor grado de frio hácia el mes de marzo. La diferencia en estas dos épocas estremas viene á ser de 1 á 2 grados. Era curioso comparar la temperatura media de las fuentes con la temperatura media del aire en la superficie del suelo, donde llegan á salir.....

»De la comparacion hecha en todas las partes del Globo, resulta que, en la zona tórrida, la temperatura media del aire es en general un poco mas alta que la temperatura de las fuentes; pero en la zona templada, sucede lo contrario; las fuentes son mas calientes que el aire, y su esceso viene á ser en general creciente con la latitud, de tal modo que á 60° y á 70°, en virtud de observaciones muy exactas de *Wahleuberg*, ellas le esceden en 3° ó 4° centígrados.

» Cuando las fuentes no son termales, su temperatura es ciertamente producida por las diversas capas de terreno que han debido atravesar; pero bajo este concepto, hay una diferencia entre las fuentes muy pequeñas y las muy abundantes: las primeras no pueden ejercer reaccion sinó muy débilmente sobre las capas que atraviesan; están de algun modo obligadas á tomar su temperatura, y á llegar á la superficie despues de haber padecido diversos grados de enfriamiento; al contrario, las fuentes abundantes llegan á la superficie con la temperatura de las capas en que se han formado; porque si encuentran capas mas frias, las recalientan; si las encuentran mas calientes, las enfrian, y las alteraciones que ellas mismas sufren para producir estos efectos son tanto menores cuanto las aguas son mas abundantes. Estos resultados, indicados de antemano por la teoría, están confirmados por las observaciones que se han hecho sobre los *pozos artesianos*; la temperatura de las aguas que derraman en la superficie del suelo parece ser sobre poco mas ó ménos exactamente la temperatura de las capas profundas en las cuales ellas toman su orígen; y como por las observaciones hechas conocemos la temperatura á diversas profundidades, resulta que, segun la profundidad de donde provengan las aguas, se podrá suponer el grado de calor que gozarán. Esta temperatura es invariable, y se encuentra tanto mayor cuanto la profundidad del pozo es mas grande. *Mr. Arago*, que ha tenido la idéa de servirse de este medio para encontrar la temperatura de la tierra á diversas profundidades, ha recogido un gran número de observaciones que permiten de algun modo juzgar de la profundidad de un pozo cuando se conoce la temperatura de sus aguas, ó recíprocamente, de predecir cuál será la temperatura de las aguas, cuando se sabe á qué profundidad ellas toman nacimiento.

385 » Las *fuentes termales* obtienen algunas veces temperaturas próximas á la ebullicion, y todo lo que se sabe hasta ahora sobre la situacion de estas fuentes no permite decidir si ellas reciben estos altos grados de calor de la profundidad á que toman nacimiento, ó si lo tienen de algunas circunstancias particulares á las capas que atraviesan. Para cortar la dificultad, no basta notar que en muchas de estas fuentes la temperatura haya permanecido constante durante muchos años, porque se puede concebir fácilmente la existencia de acciones locales que no agotan, ó aun que no se alteran durante siglos; las fuentes saladas, que se benefician, presentan un ejemplo, y si se objetase que estas fuentes vienen puede

ser del mar, y que la causa que las sala no es local, se podría responder que este orígen es al ménos muy contestable; y que por lo demas, existen un gran número de fuentes minerales que no vienen ciertamente del mar, y que parecen tener en disolucion los mismos elementos, y en la misma proporcion despues de un grandísimo número de años.

386 »De la *temperatura de los lagos y de los rios y de su congelacion*, &c. En los lagos, las capas superiores del agua sufren variaciones de temperatura considerables; se sabe que en invierno ellas pueden congelarse, y que en estío llegan á temperaturas de 20° á 25°. Pero lo que sucede en la superficie no se reproduce en las capas mas profundas; hay en estas masas de fluido una distribucion del calor que no se hace ni por las mismas causas ni en virtud de las mismas leyes que en los sólidos, y sería muy importante hacer esperimentos sobre este asunto. De *Saussure* me parece haber sido el primer observador que se ha ocupado de esta gran cuestion; él recorrió la mayor parte de los lagos de Suiza; determinó su temperatura en la superficie y en las diversas profundidades; y de sus apreciables esperimentos ha salido el principio fundamental del equilibrio de temperatura en las aguas.

»Referirémos en la tabla siguiente solo los resultados que ha obtenido en la superficie y en las capas del fondo.

NOMBRES de los Lagos.	Frio en la superficie.	Frio en el fondo.	Profundidad en pies	
			franceses.	españoles.
De Ginebra.	5,0	5,4	950	1108
Idem.	21,2	6,1	150	175
De Thun.	19,0	5,0	350	408
De Brientz.	19,4	4,8	500	583
De Lucerna.	20,3	4,9	600	699
De Constanza.	18,1	4,3	370	431
Mayor..	25,0	6,7	335	391
De Neufchatel.	23,1	5,0	325	379
De Vienne..	20,7	6,9	217	253
D'Anuecy.	14,4	5,6	163	190
De Bourget.	17,9	5,6	240	280

»Estos esperimentos se han hecho desde 1777 á 1784; si las peraturas en la superficie son muy diferentes, es porque se han ervado en diversas estaciones del año; pero en todos los casos la peratura del fondo y la de la superficie son del mismo dia y aun mismo instante. Estos resultados presentan una consecuencia no-le: la temperatura del fondo es casi constante en todos los lagos s muy inferior á la temperatura media del parage. De *Saussure*, pues de haber verificado el hecho, había declarado que los prin-os entónces conocidos no podían bastar para esplicarlos. En efec-en dicha época no se conocía la propiedad que posée el agua de er un *máximo* de densidad á la temperatura de 4°,5 sobre poco s ó ménos. Es sobre esta propiedad sobre la que reposa esencial-nte el equilibrio de temperatura de las grandes masas fluidas.....

»Durante la estacion caliente del año, dos causas concurren á rar la temperatura de las capas superiores del agua de los lagos: aire que obra por su contacto, y el calor solar que penetra á una fundidad mas ó ménos grande. Estas capas calentadas se mezclan mil maneras sin caer al fondo; porque ellas están sostenidas sin ar por su ligereza específica, y porque la mayor agitacion de las s no se hace jamas sentir sinó á una pequeña profundidad *.

»Así en estío y hasta fin de otoño la temperatura debe ser sin ar decreciente con la profundidad; esto es lo que manifiestan los erimentos de *Saussure*, y lo que ha verificado despues *Mr. La-he* con un cuidado particular (*An. de Fís. y Quím.* XIX. pág. 77.)

»Durante la estacion del frio, la capa superior se enfría por dos sas; por el contacto del aire frio, y por la radiacion, y principal-nte por la radiacion nocturna. Esta capa se contrae al enfriarse, quiere una densidad mayor, y cae á una pequeña profundidad zclándose con las capas mas calientes que estaban debajo. Desde que a cae se templa por otra que se enfría y que cae á su vez; viene a que sufre los mismos efectos, y por estas corrientes continua-nte ascendentes y descendentes es por las que todas las capas su-iores se enfrían. Pero, no se puede perder de vista que la pérdi-de todo el calor se verifica en la superficie. Si el agua no tuviese *máximo* de densidad, es evidente que, durante toda la estacion enfriamiento, la temperatura sería aun decreciente con la pro-ndidad, porque las capas mas calientes siendo al mismo tiempo

* En los lagos es verdadera esta suposicion; pero en los mares fué a hipótesis que hizo *Lagrange*, y que despues han desmentido las estigaciones de *MMrs. Poisson* y *Cauchy*.

las mas ligeras, sería necesario, para obedecer á las leyes del equilibrio, que fueran tambien las mas elevadas. Así la superficie no podría llegar á la temperatura *cero*, sinó cuando toda la masa estuviese al ménos á dicha temperatura, y por consiguiente habría una congelacion simultánea en todo el espesor del lago, desde la superficie á la mayor profundidad. Pero á causa del *máximo* de densidad los fenómenos se verifican de otro modo. Desde que las capas de la superficie llegan á la temperatura *máxima*, ellas caen, otras las reemplazan, que caen á su vez, hasta que toda la masa en todo su espesor haya llegado á esta temperatura límite. Imaginémos por un instante, que los frios del invierno se hayan prolongado bastante tiempo para establecer esta distribucion de calor y densidad. Continuando el frio, y siempre *por la superficie*, la capa superior no podrá ya caer, porque viene á ser mas ligera al mismo tiempo que viene á ser mas fria. La depresion de la temperatura podrá, pues, continuar por ella y prolongarse indefinidamente; porque permanecería indefinidamente mas ligera. En una masa perfectamente en calma y sin agitacion, esta primera capa debería congelarse primero sin que las capas inferiores participasen de la depresion de temperatura, sinó es por la conductibilidad, que es escesivamente débil en todos los líquidos, y particularmente en el agua. Pero como en realidad se produce siempre una agitacion mas ó ménos violenta, y por consiguiente mas ó ménos profunda, no será únicamente la primera capa la que se enfriará debajo del *máximo*, sinó todo el espesor de las capas sin cesar mezcladas por agitaciones de las olas. Durante todo este enfriamiento, las capas inferiores permanecerán á la temperatura constante del *máximo* hasta las mayores profundidades. Así, en esta época, la temperatura será creciente con la profundidad hasta la primera capa, que está á 4°,4 y debajo de esta la temperatura será constante. No se tienen muchos esperimentos hechos durante el invierno; pero todos cooperan á confirmar esté resultado.

»He aquí por que en los lagos profundos la congelacion principia esencialmente por la superficie, y no penetra jamas sinó muy lentamente á una profundidad algo considerable.

»El mismo principio nos hace ver aun, que, en las aguas tranquilas y profundas, será necesario, para determinar la congelacion, frios muy rigurosos y sostenidos por muy largo tiempo. Pues es necesario que todas las capas que han sido recalentadas en la estacion caliente hayan podido venir á la superficie á perder el calor que las mantiene sobre la temperatura *máxima*; y si estas capas

nan un espesor de 500 á 600 pies, es evidente que ellas debe-
en las mismas circunstancias, emplear un tiempo mucho mas
o en venir á su vez á pasar á la superficie para perder allí su
so de temperatura, que si ellas formasen solamente un espesor
20 á 30 pies. Hácia las orillas, sobre los bancos de un gran an-
, y en todos los lugares donde no hay sinó una pequeña profun-
d, se verán, pues, formarse capas de hielo y tomar un grande
sor, mientras que en el medio, donde la profundidad es grande,
uperficie permanece libre y la temperatura se sostiene á un gra-
mas alto.

»Sin embargo, se presenta aquí una cuestion que resolver, sobre
ual no tenemos hasta ahora sinó datos inciertos: es la de saber
a qué profundidad pueden hacerse sentir los calores del estío. Si,
ejemplo, no pueden hacerse sentir sinó á 500 pies, un la-
de 10000 pies de profundidad no se helará mas tarde que un
de 500 pies, porque en el primero, las capas que están debajo
500 pies, permaneciendo á la temperatura constante del *má-*
o durante todo el año, es evidente que ellas son como si no
tiesen, y que se las puede concebir separadas del resto de la ma-
sin turbar en nada los fenómenos que se verifican en las capas
riores.

»Sería importante tambien hacer esperimentos sobre la tempera-
del agua en su superficie, en el momento de la congelacion;
ue todo parece indicar que esta temperatura puede llegar mas
de cero, sin que se verifique la congelacion, sea que la agita-
contínua de las moléculas se oponga, sea que otras causas
an tambien concurrir.

»Si ántes de la congelacion la temperatura de un lago, ha de-
ser un instante 4°,4 en toda su profundidad, es fácil de ver,
despues del derretimiento, el mismo fenómeno debe reproducirse
s que las capas superficiales puedan recalentarse mas arriba del
imo. Estos dos estados de equilibrio suponen siempre que las
as del recalentamiento y enfriamiento no son demasiado brus-
para que las corrientes ascendentes y descendentes puedan esta-
erse con regularidad.

»En los *rios*, la distribucion del calor se verifica segun otras le-
á causa del movimiento de traslacion de las moléculas líquidas.
lo cual resulta una mezcla contínua de las capas superiores con
inferiores, que cooperan á establecer una temperatura uniforme
toda la masa; sin embargo, como este movimiento es diferente

en la superficie y en el fondo, en medio del lecho y hácia l
llas, resultan una multitud de fenómenos accidentales, deter
por estas circunstancias. Entre estos fenómenos, los de la con
son los únicos que se han observado con algun esmero. Está
bado por esperimentos decisivos, que en ciertos casos la con
principia en la superficie, y que en otros principia en el f

»Cuando los rios conducen carámbanos ó témpanos de n
puede decir en general, que todos estos hielos que se chocan
por el choque formas redondeadas ó angulosas, han sido pr
mente formados en la superficie; algunos se han desprendid
orillas, pero los otros no han sido en su orígen sinó peque
briones, pequeñas partecillas flotantes que han tomado volú
gando en el agua.

»La formacion de los primeros no es dudosa, pues se
riberas, márgenes &c. cubiertas de una lámina de hielo, qu
cesar batida, y quebrantada por las olas. En dichos parages
de la congelacion principia, porque en general, el agua t
menor profundidad, y se halla en contacto con un terreno s
enfriado por el aire y por la radiacion. El hielo que se a
las orillas se enfría á su vez por esta doble causa, y vie
entónces, así como la misma ribera, un cuerpo frio capa
lar lo que tiene en su contacto. Los fragmentos voluminoso
imperceptibles, que están rotos en esta masa, vienen á ser
por su ligereza específica; se enfrían mas que el agua, y l
que vienen á caer sobre las orillas se congelan en ellas
tante, porque se enfrían y vienen á ser inmóviles.

»La formacion de los carámbanos, en la superficie m
agua léjos de las orillas y de todos los cuerpos sólidos,
puesta en duda por algunos Físicos; es difícil, en efecto
prueba directa de ello; porque si se encuentran en lo anc
mentos de hielo, ó aun los rudimentos que los forman, s
siempre suponer que vienen de las orillas, y que han sido
didos de ellas por las olas. Pero se debe convenir sin emba
que la superficie libre de las aguas puede ser indefinidame
friada debajo de cero, y que por esta causa á pesar del
miento, debe dar orígen á agujas de hielo que engruesan
enfriándose mas por el contacto del aire y por la radiac

»La formacion del hielo en el fondo mismo del agua
largo tiempo disputada; pero hábiles observadores han
ebas directas de ello, y se trata ahora de esplicar la

no de negar su posibilidad. El agua agitada de los arroyos y e los rios puede sin duda bajar muchos grados debajo de cero sin ongelarse; y donde la profundidad no es muy grande, todo el espe- or de la capa líquida puede participar de esta depresion de tempe- atura, las materias sólidas del fondo pueden al fin participar tam- bien ellas mismas por su contacto prolongado con el agua; pero, há- cia el fondo, el movimiento es ménos rápido que en la superficie. Las lesigualdades del suelo forman una multitud de pequeñas celdas ó especies de abrigos donde el agua no está sinó débilmente agitada; ntónces se concibe que la congelacion se verifica allí, y aun el que e verifica en dicho parage, ántes que en la superficie. Otras causas uede ser que favorezcan este fenómeno; pero el papel que juegan as superficies sólidas enfriadas, no es tal como algunas personas lo uponen, porque en el esperimento de *Fareinheit*, por el cual se baja agua á 10 ó 12 grados debajo de cero, sin que se hiele, el lí- uido toca las paredes enfriadas de la cápsula que le contiene, y en s puntos de contacto, no sufre mas congelacion que en los puntos que la superficie es libre.

» Para que los rios puedan congelarse en todo su ancho, es nece- io un frio muy fuerte y muy sostenido; sin embargo, este fenó- no varía con la altura, con la velocidad y con la profundidad de aguas. Los historiadores refieren sobre este punto hechos que no reproducidos en el último siglo, pero que no deben por esto ser rados como imposibles. Ellos dicen, por ejemplo, que el mar Negro dó enteramente helado el año 400 y el 763; que el Nilo fué almente helado en todo su ancho en el año de 829. Sin remontar pocas tan antiguas, citarémos aquí los frios mas estraordinarios ncipiando desde el siglo 17.°, indicando aproximadamente las tem- raturas que les corresponden.

» La flota Veneciana se encontró cogida por los hielos en las lagu- s de Venecia en 1621 (á—20°).

» El puerto de Marsella se heló en 1638 y en 1709 (á—20°).

» Carlos X, rey de Suecia, atravesó el *Pequeño-Belt*, sobre el elo con todo un ejército, su artillería, sus cajas, sus bagajes, &c. 1658.

» Parece que para congelarse el Ródano es necesario una tempe- tura que se sostenga algun tiempo á—18°.

» El Támesis quedó totalmente helado en Londres en 1684, en 716 y en 1740.

» El Sena se hiela muy frecuentemente en París. Citarémos al-

gunas observaciones que se han hecho sobre las temperaturas correspondientes.

»El Sena se ha helado en 1740 á—14° del termómetro centígrado

1742 á—10		
1744 á— 9		
1762 á— 9		Así, se necesita al ménos una temperatura de —9° para determinar la congelacion del Sena *.
1766 á— 9		
1767 á—16		
1776 á—12		
1788 á—13		

»Cuando un rio está helado, la capa de hielo que le cubre aumenta rápidamente de espesor en los primeros instantes; pero despues el frio penetra mas y mas lentamente á causa de la imperfecta conductibilidad del hielo. La radiacion de las noches parece tener una grande influencia sobre este fenómeno; porque se observan algunas veces las capas muy distintas que se han formado sucesivamente las unas debajo de las otras. Por ejemplo, en el invierno de 1821 se han contado hasta 21 capas distintas en témpanos de hielo de 15 pulgadas de espesor, formados sobre los lagos que rodean á *New-Heaven* (América). Hácia lo alto, el espesor de las capas variaba entre 12 y 18 líneas, en lo bajo, hácia la superficie del agua, eran solamente de 3 á 6 líneas. Sin embargo se había verificado bien que el frio había sido siempre creciente.

»El hielo puede, como todos los cuerpos, dilatarse por el calor y contraerse por el frio.

»Cuando los hielos han sido rotos ántes del *deshielo repentino*, pueden demasiado frecuentemente producir espantosos desastres. De todos los medios que se han imaginado para precaver estas desgracias, el mas eficaz parece ser introducir bajo el hielo de distancia en distancia una especie de pequeñas bombas que se hacen reventar despues. La esplosion determina hendeduras numerosas, y los

* En 1827 ó 1828 se heló á—7°, estando yo allí; pero hubo frios á—13°. El Padre Jacinto Feliu, individuo del célebre Instituto de las Escuelas Pías, y Profesor de Matemáticas de un distinguidísimo mérito en el Colegio de Segovia, ha observado que el rio Eresma permaneció helado por muchos dias á fin del año de 1828 y principios del de 1829, habiendo llegado á señalar el termómetro de Reaumur *catorce* grados debajo de cero el último dia del año 1828, estando colocado el termómetro al aire libre en la parte del norte del Real Alcazar al nivel del suelo.

fragmentos que de ellas resultan son bastante pequeños para no ser temibles.

386 Pág. 684 »*De la temperatura de los mares, y de la formacion de los hielos polares.* En estos últimos años, muchos hábiles navegantes han corrido los mares ecuatoriales y los polares; ellos han hecho por todas partes sobre las temperaturas y fenómenos que dependen de ellas, numerosas séries de observaciones que son infinitamente preciosas para la ciencia, y cuya discusion detallada se debe buscar en sus obras. Por lo que nos limitarémos aquí á presentar solamente las consecuencias generales á que conducen.

»En el mar, á grandes distancias de las costas, la temperatura del aire sufre generalmente en el curso de un dia variaciones mucho menores que sobre los continentes.

»Por ejemplo, en los mares ecuatoriales, la diferencia entre el *máximo* y el *mínimo* del dia es á lo mas 1 ó 2°, miéntras que sobre los continentes se eleva á 5 ó 6 grados.

»En las regiones templadas entre 25 y 50 grados de latitud, la diferencia entre el máximo y el mínimo del dia, permanece aun mas pequeña; llega raras veces de 2 á 3°, mientras que sobre los continentes la diferencia es muy grande; en París se eleva algunas veces á 12 ó 15°.

»La temperatura mínima es como en tierra la del momento de salir el sol; pero algunos observadores piensan que el máximo se halla cerca del mediodia, en lugar de ser como en tierra á las dos ó las tres de la tarde.

»Cuando se compara la temperatura del aire con la que toma el mar en su superficie, se llega á los resultados siguientes:

»Entre los trópicos, el aire, en sus mas altas temperaturas, es en general, un poco mas caliente que la superficie del agua, tomada tambien en sus mas altas temperaturas; esto es lo que se puede ver en las dos tablas siguientes que están sacadas de una noticia dada por *Mr. Arago* en el Anuario de 1825 (de que nosotros pondrémos solo el resultado de nuestro famoso marino Churruca).

»En el Océano atlántico en noviembre de 1788 á 0,58 de latitud sur. La temperatura máxima es de 27°,2 segun *Churruca.* Esta temperatura es la de la atmósfera, observada en plena mar léjos de los continentes..... y la temperatura del agua en la superficie es de 28°,7 (segun Churruca) en octubre de 1788 á la latitud de $6\frac{1}{4}$ N. long. de París $22\frac{1}{2}$ O.

»Pero cuando se toma la temperatura

cuatro en cuatro horas, como lo ha hecho el capitan *Duperrey*, se comparan despues todas estas temperaturas, se llega á un resulta do inverso, es decir que en general el agua es mas caliente que aire aun entre los trópicos.

387 Pág. 688 »Entre 1850 observaciones hechas por este hi bil navegante á latitudes norte ó sur comprendidas entre 0° y 20 durante un viage al rededor del Mundo, el mar ha estado 1371 ve ces mas caliente que el aire, y el aire solamente 479 veces mas ca liente que el mar.

»En latitudes mas elevadas entre 25° y 50°, el aire no es sin muy raras veces mas caliente que la superficie del agua; y en la regiones polares, casi no hay ejemplo de que el aire se encuentr tan caliente como el mar; él está siempre mas frio, y ordinariamen te mucho mas frio.

»Si examinamos ahora las temperaturas absolutas del mar, la superficie y en las diferentes profundidades, serémos conducid á las consecuencias siguientes:

1.ª »Entre los trópicos, la temperatura disminuye con la pr fundidad; lo cual se halla confirmado por todas las observacion Citarémos solamente las mas interesantes.

Temperatura en la superficie.	Temperatura en la profundidad indicada.	Profundidad en brazas inglesas.	Nombre del Observador.
28,33	7,5	1000	Labine.
30,77	9,7	100	Ross.
22,8	5,6	1000	Wauchope.

2.ª »En los mares polares, la temperatura aumenta con profundidad.

3.ª »En los mares templados comprendidos entre 30° y 70° latitud, la temperatura es tanto ménos decreciente cuanto la latit viene á ser mayor, y cerca del paralelo de 70° principia á cre

»Existe por consiguiente una Zona en que la temperatura es bre poco mas ó ménos constante, desde la superficie hasta una p fundidad muy grande.

»Despues de haber reasumido en las proposiciones preceden el conjunto de las observaciones que se han hecho hasta ahora, fa las causas que pueden mantener esta singular distribuci

calor en la masa móvil de las aguas que llena el vasto depó-
de los mares.

»Se concibe primero por qué la superficie de las agnas no se
le comparar á la superficie del suelo, ni por su recalentamiento
ante el dia, ni por su enfriamiento durante la noche; este fenó-
o depende de la movilidad del líquido, cuyas moléculas están
cesar mezcladas hasta una gran profundidad, ya por las cor-
tes que resultan de las diferentes densidades, ya por la agitacion
as olas. Durante el dia, la capa superficial se calienta ménos,
que se enfría por la evaporacion, y porque es bien pronto recha-
a por la agitacion; durante la noche, se enfría ménos, porque
ontrae al enfriarse, y su esceso de densidad la haría bien pronto
er á caer, si el movimiento de las olas no viniese á cada instan-
mezclarla con las capas vecinas. Así, el recalentamiento y el
iamiento son ménos sensibles, porque se verifican en una capa
ó ménos espesa.

»El aire mismo participa, por su contacto perpetuo, de esta
ormidad de temperatura, que otras causas cooperan á mantener
a superficie de las aguas.

»Pero la temperatura de las capas profundas del mar ofrece
grandes dificultades: bajo el ecuador á mil brazas de profundi-
, la temperatura es solamente de 6° á 7°; ¿no es imposible que
gua de estas capas haya podido tomar tal enfriamiento en estos
as, pues que en su superficie el agua no llega jamas á una
peratura mas baja que 20° ó 25°? Hácia los polos á 200 bra-
de profundidad, la temperatura es de dos ó tres grados; ¿no es
osible que el agua de estas capas haya podido tomar tal recalen-
iento en estos paises, pues que en la superficie durante la esta-
caliente, cuando los navegantes pueden surcar los mares, la
peratura no se eleva casi nunca sobre cero?

»Estas dificultades se podrían resolver, si el agua de mar tuviese
o el agua dulce, un *máximo de densidad*, antes de su punto de
gelacion; porque si este máximo existiese y correspondiese sobre
o mas ó ménos á 2° centígrados, se podría notar que, á profun-
ad igual, el agua de las regiones polares sufre verticalmente una
sion mayor que el agua de las regiones ecuatoriales; que ella de-
por consiguiente rechazar á esta lateralmente, para tomar su lu-
. De aquí corrientes *inferiores* mas ó ménos rápidas para traer
ia el ecuador el agua enfriada de los polos, y como conse-
ncia necesaria corrientes *superiores*, trayendo hácia los polos

ecalentadas del ecuador. Pero á una cierta latitud, las
ficiales teniendo la temperatura máxima de 2° á 3°, en
manecer en la superficie, se sumergirán mas y mas para
los, y compondrían así estas capas de 2° ó de 3°, cuya
a sido reconocida en las navegaciones circumpolares.
si es verdad, como los esperimentos muy esmerados
an, hijo, conducen á establecer, si es verdad que el agua
iene máximo de densidad ántes de su congelacion; entón-
ser muy difícil de dar una esplicacion satisfactoria de
ra de 2° ó de 3° que se observa á grandes profundida-
mares polares.
eba el doble embarazo de saber como estas capas han
las y como se sostienen en el fondo, contra las leyes de
.....
e las consecuencias necesarias de la depresion de tempe-
superficie de las aguas es la formacion de los hielos
cubren las regiones polares. Este fenómeno es uno de
que nos presenta la naturaleza; y debemos dar una
.....
hielos que se encuentran sobre las costas del *Spitzberg*
landia tienen ordinariamente 20 ó 25 pies de espesor.
frecuencia llanos inmensos, cuyos límites no se perciben
de los mástiles de los navíos, esto es lo que se llama

mplos de espantosos naufragios producidos por esta irresistible po-
cia. Por corrientes de esta naturaleza, el mar se abre á los nave-
ntes, y pueden llegar hasta los paralelos de 70° á 80° donde las
llenas parecen de preferencia fijar su mansion.

»Si algunas montañas de hielo se hallan aisladas y como pul-
rizadas en estos terribles encuentros, hay otras al contrario que to-
n un nuevo incremento y vienen á ser mas formidables. Los tém-
nos de hielo levantados y balanceados por las olas, vuelven á caer
unos sobre los otros; se superponen, se cubren de fragmentos mas
ménos voluminosos, y componen verdaderas montañas modificadas
mil maneras, que se elevan á 20 ó 30 pies sobre las aguas. El es-
sor que sobrenada es, en general, á la parte sumergida como 1
4; así, la altura total de estas montañas debe ser de 100 á 120 pies.

»Algunas veces tambien los témpanos de hielo de 30 á 40 me-
s de longitud (108 á 144 pies esp.), cargados en sus dos estre-
s, se sumergen de repente debajo de las aguas á una profundi-
d bastante grande para que el buque pase por encima, pero el
uipage está entónces espuesto al mas espantoso peligro; el menor
oque, la menor causa puede romper el equilibrio de los pesos que
nen el carámbano sumergido; entónces él se elevaría con impetuo-
ad y lanzaría el buque en los aires ó al ménos le haría zozobrar
vitablemente.

»En la bahía de *Bafin* se encuentran montañas de hielo mas al-
que en los mares de *Groenlandia*; los navegantes los han medi-
que se elevaban mas de 100 pies sobre la superficie del agua y
e tenían por consiguiente mas de 500 pies de altura total.

»La profundidad de las aguas no es muy grande en los parages
ximos á las costas occidentales del *Spitzberg*. Segun lo que bajan
ballenas heridas del harpon, será dicha profundidad como de
os 3000 á 4000 pies.

»Hácia el medio del intérvalo comprendido entre el *Spitzberg*
la costa oriental de *Groenlandia*, no se ha encontrado fondo á
s ó siete mil pies.

»El capitan *Scoresby* ha visto frecuentemente el hielo formarse
plena mar á 20 leguas de las costas. Desde que los primeros
briones de los cristales vienen á ser perceptibles, el mar se pone
calma como si se hubiese derramado aceite en su superficie.

»En estos paises, la densidad del agua del mar es 1,026, en
ado de reposo se congela á—2°. Las aguas que han sido concentra-
s por la helada pueden llegar á una densidad de 1,104. Entónces

no se hielan sino á—10°, y se sabe que el agua saturada de sa
puede solidificarse sinó á—15°.

»El viage curioso del capitan *Weddel* hácia el polo au
parece anunciar que en estas regiones el mar es mucho mas vas
mas profundo que en las regiones boreales.

388 »La gran cuestion del equilibrio de la temperatura d
tierra no se puede estudiar en detalles sin el auxilio de las *Mate
ticas*; en las Memorias, y en las obras que *Mr. Fourier* nos ha
jado, es donde se debe buscar su resolucion. Estos trabajos son
de los mas bellos monumentos de nuestra época. Se reconoce por
das partes la mano de un gran Geómetra y el espíritu penetrante
un genio elevado.

Pág. 704 »Resulta de estos esperimentos y de estos cálcu
*que la cantidad total de calor que el sol derrama en el trasc
curso de un año sobre todo el globo de la tierra es igual á
que sería necesaria para fundir una capa de hielo que cubri
toda la superficie de la tierra, y que tuviese 14 metros de es
sor* (unos 50 pies esp.).

»Tal es, pues, en último resultado, la cantidad total de ca
que nuestro planeta recibe del sol durante un año. Una porcion
pierde al rededor de la tierra por la radiacion del dia y de la
che, y la porcion restante es la que es absorvida durante los
ses de temperatura creciente que penetra en el suelo, á una cie
profundidad, hasta la capa invariable, y que remonta poco á p
durante la época de temperatura decreciente para venir á recaler
la superficie, y perderse á su vez en los espacios celestes. Noso
no hablamos aquí sinó del movimiento descendente y ascendente
calor, á fin de presentar el fenómeno en toda su simplicidad; p
se concibe que, en todo el espesor de la corteza terrestre compre
do entre la superficie del suelo y la capa invariable, existe un
vimiento lateral por el cual una parte del calor absorvido bajo
zona tórrida y bajo las zonas inmediatas se trasmite progresivam
te en los dos hemisferios, para ir á disiparse á la superficie de
rigiones polares. Este movimiento lateral concurre poderosamente
las corrientes del mar y de la átmósfera para templar todos los
mas en la superficie de la tierra. Sin la influencia combinada de
tas diversas causas, los hermosos paises del ecuador serían sin
da inaccesibles al hombre por su escesivo calor, y las altas lati
des no serían ménos inaccesibles por el frio prodigioso al c
rían espuestas.

389 »Los resultados deducidos de los trabajos de *Mr. Fourier*, son:

1.° »Todo el calor que está debajo de la capa que hemos llamado capa invariable es un calor primitivo que el Globo de la tierra tiene desde su orígen.

2.° »Este calor es constante y escesivamente grande en un vasto núcleo central; á una distancia del centro principia á disminuir segun leyes regulares hasta la capa de temperatura invariable.

3.° »Este equilibrio interior, que observamos hoy, muda con el tiempo y mudará sin cesar hasta el momento en que todo el calor primitivo sea completamente disipado por la superficie; pero estas mudanzas se verifican con tal lentitud, que es necesario largas series de siglos para que vengan á ser sensibles á nuestras observaciones. Así, á 200 ó 300 metros debajo del termómetro del Observatorio de París, la temperatura es hoy de 20 á 22°; ella bajará sucesivamente á 19, á 18 y en fin á 10 ú 11, pero será necesario muy largo tiempo para que se pueda observar el principio de esta diminucion.

4.° »Este flujo de calor, que viene de las capas profundas para estenderse por la superficie, no puede, por grande que sea, modificar en una cantidad apreciable, ni la temperatura media de la superficie misma, ni el órden de las temperaturas que se establecen, segun las estaciones en toda la corteza de la tierra superior á la capa invariable. *Mr. Fourier* estima, por ejemplo, que la temperatura superficial no puede ser afectada por ella en un treinta-avo de grado centígrado.

5.° »En fin, los climas y el órden de las estaciones dependen únicamente del calor que se distribuye en las capas superiores á la capa invariable; este calor proviene únicamente de la accion del sol; está acumulado durante una parte del año y se disipa durante la otra, de manera que se establece al fin una exacta compensacion.

390 Pág. 728 »El aire atmosférico se compone de oxígeno, de azoe y de algunas centésimas de ácido carbónico; estos elementos tienen una gran movilidad mecánica; pero al mismo tiempo tienen, en presencia los unos de los otros, una gran estabilidad química; y si existiesen solos no podrían jamas sufrir grandes sacudimientos, ni producir fenómenos meteorológicos muy variados. Las solas causas conocidas que se ejercerían entónces para agitarlos y turbar su equilibrio, serían el movi n de la tierra, las olas elevadas sobre las aguas, las por el

calor. Estas causas, aunque poderosas, se reducirían sin duda á producir algunas brisas ligeras, sea en las regiones ecuatoriales, sea en las polares ó templadas. Así, todos los grandes fenómenos atmosféricos, que observamos, resultan de las sustancias estrañas que pueden ser ó lentamente acumuladas ó súbitamente quitadas ó suspendidas en los aires. Estas *sustancias meteóricas*, deben ser, pues estudiadas con una atencion particular en su orígen, en sus propiedades y en las diversas apariencias bajo las cuales se pueden presentar.

» Para simplificar todo lo posible, un estudio que abraza tantas cuestiones difíciles, adoptarémos las divisiones siguientes.

» Nos ocuparémos sucesivamente

» De la higrometría.

» Del sereno y del rocío.

» De la escarcha y de la helada.

» De las nieblas y de las nubes.

» De la lluvia, nieve, granizo, y agua-nieve ó nevisca.

391 Pág. 729 » *Construccion y uso de los higrómetros.* La Higrometría tiene el doble objeto de medir la fuerza elástica del vapor que existe en el aire, y determinar la accion que los diversos cuerpos de la naturaleza pueden ejercer sobre este vapor. Esta segunda parte ofrece necesariamente una multitud de fenómenos que no se pueden considerar aquí sinó de un modo general; así nos contraerémos particularmente á la primera parte que presenta una cuestion clara y precisa.

» Todos los instrumentos que sirven para medir la fuerza elástica del vapor contenido en el aire se llaman *higrómetros*; pero entre estos instrumentos es necesario distinguir los que dan inmediatamente esta medida y los que no la pueden dar sinó de una manera indirecta y por deducciones mas ó ménos inciertas. Los primeros pueden llamarse *higrómetros de condensacion*, porque todos los que son conocidos hasta ahora se fundan en la condensacion del vapor convenientemente enfriado; los segundos pueden llamarse *higrómetros de absorcion*, porque todos estriban sobre la absorcion del vapor por medio de diversas sustancias.

» *Higrómetros de condensacion.* Concibamos un vaso cilíndrico de vidrio, lleno de agua, teniendo sus paredes perfectamente trasparentes, claras y bien limpias; supongamos que se coloque sobre un apoyo ó sobre una tabla en un parage cuya temperatura sea por ejemplo de 20°, y que él mismo tenga la espresada temperatura. Todos saben que si el agua contenida en este vaso es gradualmente

enfriada á 19°, despues á 18°, luego á 17°, &c., llega un instante en que se altera la trasparencia de todo punto; y cuando se mira con atencion, se percibe que este fenómeno se debe á un rocío muy fino que se ha depositado sobre las paredes del vaso. Si el *punto de rocío* (así se llama el instante preciso en que el rocío principia á depositarse), se verifica por ejemplo, á 15°, es decir, en el momento en que el agua del vaso obtiene la temperatura de 15°, se concluirá de ello, que la fuerza elástica del vapor contenido en el aire es de 12,837 milímetros (6,637 líneas esp.), fuerza elástica *máxima* para la temperatura de 15° (que se nota en la tabla del § 359); si tiene lugar á 12°, se concluirá que el vapor tiene una fuerza elástica de 10,707 milímetros (5,536 líneas esp.), á 10°, una fuerza elástica de 9,475 milímetros (4,899 líneas esp.); en una palabra, la fuerza elástica del vapor contenido en el aire es siempre la fuerza elástica máxima correspondiente á la temperatura del punto de rocío. En efecto, la capa de gas que cubre las paredes esteriores del vaso, se enfria del mismo modo que lo hacen estas paredes mismas; y todo al enfriarse por su contacto, conserva su elasticidad total, que es medida por la altura del barómetro; pero hay mas, los dos elementos que componen esta capa de gas, á saber, el aire y el vapor, conservan cada uno su elasticidad parcial; pero en el instante en que este vapor principia á condensarse, tiene la fuerza elástica *máxima* correspondiente á la temperatura de *condensacion*. Luego esta fuerza elástica es la que tenía ántes del enfriamiento, y por consiguiente la fuerza elástica buscada.

»Tal es el principio simple y rigoroso sobre el cual está fundada la construccion de los higrómetros de condensacion. Todo se reduce á observar exactamente la temperatura del *punto de rocío*, y á buscar en las *tablas* (la que hemos puesto § 359) la fuerza elástica correspondiente.....

»Así la fuerza elástica del vapor contenido en el aire es 5,059 milímetros (2,616 líneas esp.) cuando el *punto de rocío* está á 0°; ella es de 9,475 (4,899 líneas esp.) cuando está á 10°; de 17,314 milímetros (8,951 líneas esp.) cuando está á 20°; de 30,643 milímetros (15,842 líneas esp.) cuando está á 30°, &c. Y estos resultados son completamente independientes de la temperatura ambiente; solo se debe considerar que si es casi igual á la temperatura del punto del rocío, el aire estará casi *saturado de vapores ó saturado de humedad*; y si al contrario, escede mucho á la del punto de rocío, el aire estará *muy seco*. Tomemos

gamos que se

hayan hecho cuatro esperimentos: el primero en invierno, para una temperatura de 0°; el segundo en la primavera, para una temperatura de 20°; el tercero en estío para una temperatura de 30°; y el cuarto en otoño para una temperatura de 20°.

»Y supongamos que se haya encontrado constantemente el punto de rocío á 0°; se deberá concluir, que, en estos cuatro esperimentos el aire atmosférico contenía la misma cantidad de vapor, y que la fuerza elástica de este vapor era de 5,059 milímetros. Pero conteniendo la misma cantidad de vapor, el aire tenía, sin embargo, grados de humedad bien diferentes: en el primer caso, estaba *muy húmedo* y casi saturado de humedad; en el segundo caso, estaba ya muy *seco*; en el cuarto *escesivamente seco*; en cuanto al tercer caso es una *sequedad tan grande* que jamas, puede ser, se haya observado en la atmósfera. Así es, que la comparacion de los grados de humedad, es cosa diferente de la comparacion de las cantidades de vapor. En estío, para 30° de temperatura, el aire es seco cuando el punto de rocío está á 15°, ó á 20°, y por consiguiente, cuando la cantidad de vapor contenida en el aire es cuatro ó cinco veces mayor que no lo es en invierno para un tiempo completamente húmedo.

392 Pág. 745 »*Del sereno*. El sereno es una pequeña lluvia fria que cae algunas veces sin que se perciba ninguna nube en el cielo. En nuestros climas, este fenómeno se manifiesta solamente durante el estío, y casi siempre al ocultarse el sol; se observa sobre todo en los valles, ó en los llanos bajos, á una pequeña distancia de los lagos y de los rios, es mucho mas rara en los lugares elevados. Una lluvia sin nube parece al principio un fenómeno imposible; pero basta un instante de reflexion para convencerse de su posibilidad y aun para concebir la causa.

Durante el calor del dia, todos los cuerpos húmedos dan una gran cantidad de vapores, que se esparcen en el aire, sin turbar la trasparencia; supongamos por un instante, que hácia las 5 ó las 6 de la tarde, la temperatura del aire atmosférico sea, por ejemplo de 20°, y que la fuerza elástica del vapor que contiene, sea de 13 milímetros (6,72 líneas esp.); entónces el sol continuando acercándose al horizonte, la temperatura ambiente se baja, sin que la fuerza elástica del vapor sufra mudanza; y cuando este descenso llegue á 14 ó 15°, el vapor no puede ya existir en totalidad que tendría una fuerza elástica mayor que el *máximo* que á esta temperatura (véase la tabla § 359); es necesario *se condense* una parte; y esta condensacion es la que

no del *relente ó sereno*. Se ve, pues, que depende de dos ele-
os, á saber, de la temperatura ambiente y de la fuerza elástica
vapor que existe en el aire; y la condicion de su formacion es
a temperatura baje mas de lo que conviene á la fuerza elástica
vapor.

» Determinando el punto de rocío con un higrómetro, y siguiendo
un termómetro la ley del enfriamiento del aire, se podría prede-
obre poco mas ó ménos el instante en que el sereno debe empe-
é indicar su intensidad.

93 » *Rocío*. Todos los fenómenos del rocío son consecuencia de
leyes de la higrometría y de las de la radiacion nocturna.....
Doctor Wells.....*.

Pág. 746.....En las circunstancias mas favorables un cuerpo pue-
ajar 8 á 10 grados mas que la temperatura del aire.

Pág. 747 » Admitamos por un momento que la fuerza elástica
vapor que existe en el aire sea de 7 milímetros (3,618 líneas es-
las); como esta fuerza elástica viene á ser el *máximo* corres-
iente á 5 grados de temperatura, es evidente que todos los
pos terrestres que están á una temperatura mas baja habrán con-
ado las capas de vapores que han venido á estar en contacto
ellos, y que estarán por consiguiente mas ó ménos cubiertos de
. Al contrario, todos los cuerpos que han conservado una tem-
ura mas alta que 5 grados permanecerán perfectamente secos;
que el aire húmedo que les toca no se habrá enfriado hasta el
en que el vapor está obligado á condensarse.

» Así, en último resultado, durante las noches en calma y sere-
todos los cuerpos terrestres deben ser asimilados al higrómetro
ipsula ó al higrómetro de *Daniell*, es decir, que si se enfriasen
o del punto de rocío, se cubren de vapores condensados, y en
so contrario, permanecen secos. La única diferencia es que las
les de los higrómetros se enfrian por la evaporacion del éter,
tras que la superficie del suelo y todos los cuerpos terrestres
frian por radiacion hácia los espacios celestes. Pero estas dos
s diferentes producen aquí el mismo efecto, pues que la conden-
n del vapor es una consecuencia de la depresion de temperatura.

94 » La *escarcha* se observa en nuestros climas durante las
as mañanas de la primavera y del otoño. Su causa es la mis-
que la del rocío, porque la escarcha no es otra cosa que el ro-

---

* Repite lo que *ponemos en la* nota del § 528 II C.

cío congelado. Cuando el cielo está sereno, el aire en calma y húmedo, y la temperatura de la noche es solamente de 4 á 5° sobre cero, ciertos cuerpos pueden bajar por la radiacion á una temperatura inferior á cero, y entónces las gotas de rocío, de que están al principio cubiertos, cristalizan en pequeñas agujas que se entrelazan de mil maneras. La esposicion del sitio puede ser tenga mas influencia aun sobre la formacion de la escarcha que sobre la del rocío; porque una vez que los cuerpos están revestidos de una capa de rocío suficientemente espesa, tienen el mismo poder radiante, y su enfriamiento ulterior se verifica segun las mismas leyes.

Pág. 750.....» Todas las circunstancias que favorecen la formacion del rocío ó de la escarcha son por consiguiente las que favorecen la formacion de la helada; y recíprocamente todos los medios que pueden retardar la formacion de la escarcha ó del rocío pueden retardar ó aun impedir la helada.

» Así, una simple gasa estendida encima de las plantas delicadas es muy frecuentemente una precaucion suficiente para resguardarlas de un enfriamiento mortífero. El humo sería tambien un medio eficaz *. No se trata de calentar las plantas que se quieren conservar, es necesario impedir solamente el que se enfrien por la radiacion. En virtud de este principio, se deben combinar los medios de conservacion segun las localidades.

395 Pág. 751 » *De la niebla y de las nubes.* Las nieblas se forman en el aire húmedo cuando la fuerza elástica del vapor es mas grande que la fuerza elástica *máxima* correspondiente á la temperatura del aire.

» El humo que se levanta sobre una vasija llena de agua caliente es una verdadera niebla; la cual se forma indispensablemente si estando el aire por ejemplo á 20°, el agua lo está á 60°, pues la fuerza elástica que corresponde á 60° no puede existir á una temperatura de 20°; por lo cual es necesario que se condense en parte hasta que su fuerza elástica se convierta en la que corresponde á 20° de temperatura. La niebla será, pues, tanto mas intensa cuanto la temperatura del agua sea mas elevada sobre la temperatura del aire y cuanto el aire mismo se halle mas húmedo, pues que si estuviese saturado, será necesario que todo el vapor nuevo se condensase á medida que se forma.

* En mi concepto, sería mejor que todo, el vapor del agua distribuido con oportunidad, ó los otros medios que propondrémos en el capítulo 5.° del libro 8.°

»Las nieblas que se forman sobre el mar, sobre los lagos, so-
los arroyos, y sobre los rios tienen precisamente el mismo ori-
: muchos observadores se han asegurado por esperimentos di-
tos, de que en el momento de la formacion de las nieblas, la
perature del aire es siempre menor que la temperatura del agua.
embargo, esta condicion, que es siempre necesaria, no siempre
suficiente. Cuando el aire es seco, y está muy agitado, lleva el
or, y lo dispersa en el instante en que se forma, sin que de él
ulte una condensacion sensible; pero cuando el aire está en reposo,
a húmedo, el vapor se eleva lentamente, y se condensa casi en
lidad: esto es lo que sucede precisamente cerca de las fuentes
ante el invierno.

»Se observan bastante frecuentemente nieblas en circunstancias
parecen de todo punto diferentes. Por ejemplo, en el momento
deshielo, cuando la temperatura del aire es sensiblemente mu-
mas alta que la temperatura del agua, se ven aun nieblas muy
nsas formarse sobre los rios, aun cuando ellos estén cubiertos
hielos; pero solo se mudan las apariencias; el principio es el mis-
Efectivamente, en este caso, el aire caliente se halla saturado
humedad; y cuando viene á mezclarse al aire que se ha enfriado
el contacto del hielo, ó por el contacto de los demas cuerpos
s, su vapor se condensa.

»La misma causa es la que produce aun las nieblas sobre los rios
ante el estío, despues de la lluvia de tempestad. El aire es mas
ente que la superficie del agua; pero él está saturado de hume-
, y desde que se halla en la proximidad de los lugares don-
la frescura del rio se hace sentir, es necesario que su vapor
condense, pues que se enfria.

»En general la mezcla de dos aires saturados de humedad, ca-
tados con desigualdad, produce esencialmente niebla; porque la
perature media, que de ella resulta, es demasiado baja para
tener la fuerza media elástica del vapor. Por ejemplo, si una
tidad de aire saturado de humedad á 5° se mezcla con igual
tidad de aire saturado de humedad á 15°, la temperatura me-
resultará 10°; pero la fuerza elástica que corresponde al térmi-
medio es mayor que la fuerza elástica *máxima* correspondiente
dicha temperatura de 10° *; por lo que es indispensable que el

* Por la tabla del § 359 resulta que la fuerza elástica ó tension
vapor á 5°, está representada por 3,592 líneas esp., y la correspon-
nte á 15° lo está por 6,637 líneas esp. El término medio entre estas

esceso de vapor que resulta en la mezcla sobre el que se p
ner en el grado medio de temperatura se condense en form

» Las nubes no son otra cosa que un conjunto de ni
ménos espesas, que se acumulan hácia un mismo para
de las corrientes atmosféricas, y que se hallan suspendi
sas alturas, algunas veces inmóviles, y lo mas frecuent
portadas por corrientes de aire ó por vientos impetuoso
nieblas, que se forman en la superficie de la tierra, y
res húmedos, en el fondo de los valles, sobre las col
dedor de los picos elevados, ó de las cimas de las mo
das, vienen á ser nubes cuando son trasportadas po
sin dispersarse; pero las nubes pueden tener tambien
se pueden formar directamente en medio de los aires, y
curso de dos vientos húmedos desigualmente calientes
condensacion de los vapores, cuando se elevan en abun
giones que son demasiado frias para contenerlos en el esta

---

dos tensiones es (§ 253 Aritm. de Niños) 5,1145 lin. esp.
la citada tabla corresponde á la temperatura media de 10°
sion espresada por 4,899 lín. esp., es preciso que haya
de vapor hasta quedar solo con dicha tension.

* Con el fin de comprobar con la doctrina que acaba
ner, cuanto hemos dicho en la Introduccion, y el libro
contraernos á la situacion geográfica de nuestra Península
nos basta observar que si pasamos la vista por el mapa de
tarémos que entre las costas del Océano, en las Provinci
das, Asturias y Galicia, y las del Mediterráneo en las d
se observan cinco cadenas de montañas ó grandes cordille
reccion es en general de oriente á poniente. De aquí r
aire que corresponde á la zona mas meridional que una c
mas caliente que el aire de la zona que la misma cordille
cia el norte; y como los vapores acuosos pesan ménos e
te que el aire atmosférico (§ 468 II C.) se elevan á mu
cuando llegan á una region mas alta que la cima de las
tañas, el aire y vapores de ambas zonas se ponen en c
condensa parte del vapor: resultando la formacion de
despues los metéoros acuosos en los parages de reunion d
aire de ambas zonas, que es precisamente el parage q
montañas.

Se verifica tambien otra circunstancia muy esencial p
que nos ocupa, y es que á veces el calor del sol en div
tancias y localidades, no solo evapora el agua, sinó que la d
sus dos principios (§ 381 II C.) *hidrógeno* y *oxígeno*; el l
ás mucho ménos específicamente que el aire atmosférico (
se eleva por consiguiente á las regiones mas altas de
cuando se llega á inflamar por medio de la electricid
ultan las tempestades que se verifican, ó al ménos tie
ro casi siempre en las montañas. Así es, que en cualqu

Se admite en general que los vapores que constituyen las nubes
vapores vesiculares, es decir, montones de pequeños glóbulos lle-
s de aire húmedo, de todo punto análogos á las búrbujas de jabon.
tos glóbulos se distinguen muy bien á la simple vista, en las nie-
s que se levantan sobre el agua caliente: y particularmente sobre
superficie de una disolucion negra como el café. Su densidad es
ncialmente mayor que la del aire *.

Así, para estos trece años, la cantidad media de lluvia que cae
almente en París en el patio del Observatorio es de 56 centime-
s (279 líneas esp.), mientras que la cantidad media que cae so-
la azotéa es solamente de 50 centímetros (258 líneas esp.).

» Esta diferencia no es efecto de la casualidad, pues tiene lugar
a año en el mismo sentido y casi en el mismo valor. De donde
alta este hecho notable, que *en París la cantidad de lluvia
cae* á 28 metros de altura (100 pies esp.), no es sinó los $\frac{8}{9}$ so-
poco mas ó ménos que la que cae sobre el suelo.

» Se presume que este fenómeno depende en gran parte de la con-
sacion que las gotas de lluvia fria determinan en el vapor, atra-
ando las capas inferiores de la atmósfera, y puede ser tambien
las nieblas que son siempre mas densas en la superficie del suelo,
ue depositan una cantidad de agua notable.

» Los observadores no deben solamente aplicarse á determinar las
idades medias de lluvia, sinó á verificar los términos medios
suales, porque ellos tienen una influencia mas directa sobre las
chas.

96 » Las lluvias muy abundantes no merecen ménos atencion:

---

tra Península que nos situemos, hallarémos hombres esperimen-
, y de buen seso, que nos indiquen como signo de lluvia ó tem-
l, &c., el aparecimiento en tales ó tales montañas de ciertas nie
ó nubes con circunstancias ó caractéres que suelen describir con
a exactitud; y que por lo general son signos infalibles, ó al mé-
umamente probables de los fenómenos indicados.

Esto no puede ser; porque entónces descenderían en virtud de
yes de la Hidrostática. En mi concepto, el vapor acuoso al con-
arse formando estas vejiguillas, puede dejar en lo interior un cierto
io vacío, por el cual resulten específicamente mas ligeras que el
tmosférico, á pesar de que su cubierta esterior sea mas pesada
l espresado aire. Puede suceder tambien que como en la atmós-
en circunstancias particulares hay una cierta cantidad de hidróge-
uede esta encerrada en las vejiguillas, y las haga ménos pesa-
que el aire; y que segun la mayor ó menor cantidad de hidrógeno
contengan se eleven mas ó ménos. Si los Físicos fijasen su aten-
en estas idéas, llegarían á esplicar muchos fenómenos relativos á
mpestades, &c., con mas exactitud de lo que se hace al presente.

nstancias, que las acompañan, es donde se pueden hacer
eras causas de la formacion de la lluvia, y puede ser
principios de la formacion de las nubes.

émos aquí algunos hechos notables sobre este particular.
Bombay, han caido en un solo dia (el 24 de julio de
centímetros de agua (unas 83 líneas esp.) casi el tercio
cae en París en el trascurso de un año.

ayena, el Contra-almirante *Roussin* ha visto caer el 14
en el término de diez horas, mas de 28 centímetros de
mas de un pie esp.); que es precisamente la mitad de la
París durante el año.

énova, por un turbion que parecia ocasionado por una
yeron el 25 de octubre de 1822 hasta 82 centímetros
pies esp.). Este es uno de los resultados mas notables que
itar en este género."

os añadiríamos aquí de buena gana los resultados de ob-
hechas en España; mas por desgracia, todavía no se ha
ndido como conviene el espíritu analítico y de observacion
mos la existencia de lluvias estraordinarias por los estra-
usan, de que los periódicos y particularmente los de esta
1 hablan con tanta frecuencia. Pero todo esto no da nin-
ara investigar los medios, no solo de remediar los males
avenidas causan, sinó de hacer provechosa para la Indus-

un álveo determinado, se puede calcular ó la magnitud que
er dicho álveo, si se quiere que se escapen las aguas sin
utilidad, ó las de los depósitos destinados á contenerlas
uso conveniente; y cuya idéa tenemos manifestada desde el
1819, segun aparece en el Mercurio de diciembre de 1824,
r del proyecto del Guadalix, pág. 683 y siguientes. De ma-
ıe no tengo la menor duda, de que siguiendo el rumbo que
ı en esta obra, no solo se evitarán los perjuicios tan consi-
de las avenidas, sinó que se sacará un beneficio muy es-
ırio de ellas, que cooperará al bien y prosperidad de nues-
y felicidad de todos los Españoles. ¡Ojalá que se realicen mis
on tanta brevedad como exige su importancia!

LIBRO CUARTO.

istóricas acerca de la Arquitectura Hidráulica, do actual de la construccion de las obras en a; sucinta enumeracion de los inconvenientes cha construccion presenta en el dia; y nuevo , escogitado por mí, para este género de cons- nes.

LA construccion de las obras hidráulicas ha sido en todas en todos los paises, y en todas las circunstancias, el mas ejercicio ha ofrecido á la meditacion y sabiduría de ctos civiles, militares é hidráulicos, de los Ingenieros, y

Dichas obras desairan á las personas mas instruidas; pues, aun-
e se trabaje en ellas con el mayor esmero, se proceda con el me-
deséo, se ponga en ejercicio la mayor inteligencia, la mas es-
pulosa vigilancia, y cuanto pende del hombre en lo intelectual,
lo físico y en lo moral, sucede una avenida cuando ménos se es-
ra ...se pierde en un instante el capital empleado, y el fruto de
s mas penosas fatigas y mas serias meditaciones.

2 Yo me hallo persuadido de esta verdad, bien á pesar mio,
sde mi mas tierna edad; pues una terrible avenida hizo desapare-
r en un momento una perspectiva halagüeña, un dichoso porvenir
ra toda mi familia; y el producto de todos los conatos y de gran-
s sumas, quedó destruido en un solo instante, y nosotros sumergi-
s casi en la indigencia. Por esta causa, desde que me dediqué al
udio de las Matemáticas, ha formado en todas épocas el objeto
iferente de mis investigaciones, el examinar si habría medios de
ecaver tanto mal; y si no me engaño, he logrado por fin escogitar
a *nueva construccion de obras hidráulicas, mas económica, sólida y permanente que las conocidas hasta el dia; acomodada á estra situacion geológico-topográfica; y que concilia el sistema riegos, pesca, navegacion interior y aplicaciones industriales.*

3 Pero, como á la par de la importancia de las empresas, son
s dificultades de su logro, no estrañaré el que se reputen como te-
rarios mis asertos. Mas á fin de presentar este nuevo método, de
do que convenza y sea inteligible, dividiré este libro en cuatro ca-
ulos. El primero contendrá las noticias históricas y doctrina nece-
ria para dar á conocer el estado actual de la Ciencia en las cons-
ucciones hidráulicas. El segundo presentará bajo un punto de vista
s inconvenientes que ofrece en el dia la espresada construccion. En
tercero, manifestaré la serie de ilaciones que me han conducido,
sde el acontecimiento enunciado, en que se me quedó fija la idéa,
sta el punto de haber concebido la espresada construccion; indicaré
s ensayos que tengo hechos, y explicaré el modo de realizar esta
éa en la construccion de las principales obras hidráulicas. Y en
cuarto designaré los parages de España en que con mas ventaja
utilidad se debería poner en ejecucion, al ménos por via de ensayo.

CAPÍTULO I

Noticias históricas acerca de las construcciones hidráulicas, y doctrina mas importante para que se forme la competente idéa de su actual estado.

4 Repetidas veces hemos espresado, que si es posible sustituir á nuestras propias idéas, las de otras personas de mas saber ó esperiencia, preferiríamos constantemente el tomar de otros libros lo que mas pueda conducir á nuestro intento. Por esta causa, hemos juzgado prudente, oportuno y necesario, ántes de esponer nuestro método, indicar lo mas indispensable para que se forme una justa idéa de los procedimientos que ofrecen los métodos mas exactos del dia, con todo lo que pueda contribuir á facilitar el tránsito para lo que propongo, de modo que se pueda desde luego realizar ó poner en ejecucion.

La dificultad que presenta la construccion de las obras, que se edifican en el agua, ha originado sin duda, el que aun los Escritores de Arquitectura mas famosos en la antigüedad, no se hayan atrevido á ocuparse de esta importante materia.

Así es, que Vitrubio se ocupó bien poco de este asunto. En Palladio se ve ya alguna cosa relativa á los puentes, estableciendo que *el número de arcos debe ser impar, y que el grueso de los machones no debe ser mayor que la cuarta parte de la abertura de los arcos, ni menor que la sexta parte; y en los puentes que proyectó, la planta de los tajamares tanto anteriores como posteriores al machon, era un triángulo casi rectángulo, que presentaba el ángulo mayor á la corriente de las aguas.*

El capítulo 6.° del libro 4.° de los diez que escribió *Leon Bautista Alberti*, es relativo á puentes, y principia de este modo. "La puente es la principal parte del camino".....Esta obra fué traducida del Latin al Español por *Francisco Lozano*, Profesor de Arquitectura en Madrid, quien la publicó en 1582. En la segunda edicion, hecha en 1797, se espresa en el prólogo del editor, llana 2.ª "No obstante, esta obra tan recomendable y útil está sin duda hace mucho tiempo como olvidada."

La obra mas antigua, que yo conozco, escrita desde luego en *Español*, que trate sobre tan interesante asunto, es la de *Fr. Lorenzo*

San Nicolas, Agustino Descalzo, Maestro Arquitecto, cuyo tí-
lo es *Arte y uso de Arquitectura.* Se han hecho de ella hasta
atro ediciones; la 1.ª no se encuentra, por lo que se ignora el
io preciso de su publicacion. Mas si se atiende á que en la se-
nda, que se hizo en 1667, se hallan las aprobaciones dadas á
ta obra y la licencia para su impresion con la fecha de 1633, se
be inferir que su publicacion fué aproximadamente por la misma
oca. La 3.ª impresion se verificó en el de 1736; y la 4.ª en 1796.

El capítulo 61 de esta obra, pág. 168 del tomo 1.º, cuarta
icion, trata *del sitio conveniente para las puentes y de su fá-
ica;* el cual empieza asi: "Muchas son las particularidades que
y que advertir en una puente; y como de suyo sea el edificio de
a puente, árduo y dificultoso no tanto por su fábrica, cuanto por
conservacion, por esto conviene que en el plantarla seas muy
nsiderado."

Y debemos manifestar, que es muy juicioso cuanto dice, y que no
tractamos, porque esta obra debe tener todavía un lugar distingui-
t en la biblioteca de toda persona que se ocupe de estas materias.
icho Autor, segun los inteligentes que han reconocido sus obras,
é un grande hombre en su tiempo, como lo atestiguan muchos edi-
ios suyos, que aun se conservan en Castilla la Vieja, y particu-
mente en Salamanca &c.

5 Posteriormente á esta obra, se publicó en Francia en 1728
a intitulada *Tratado de los Puentes por Mr. Gauthier*, y en el
efacio se lée lo siguiente:

"Los Autores, que han tratado de la Arquitectura, no han
do reglas para construir los puentes.....suponen que todo Arqui-
to, que no ignora su profesion, debe saber todo lo que concierne
las puentes. Algunos como Scamozzi, Paladio, Serlio &c., han
do modelos de puentes de madera y de mampostería. Vitrubio y
iola nada han tratado. He sacado de todo lo escrito sobre este
ticular, cuanto ha podido convenir á mi objeto, y refiero todo lo
e han publicado y hecho en esta materia, cuando he creido que
o podia servir de algo al Público. El objeto de los puentes es bas-
te estenso para dar ocupacion á los mas hábiles &c.....Hasta aquí
die ha tratado esta materia con la atencion que merece".....

Dicho Autor espone luego todo lo relativo al objeto con alguna
tension, presentando dibujos de algunos puentes de Francia.

6 El Español *Belidor* * publicó en 1737 el primer tomo de su

* Aunque se ha creido generalmente que *Belidor* era frances, debe-

Arquitectura Hidráulica; el segundo en 1739; el tercero en 1750 y el cuarto en 1753; y se puede asegurar que hasta dicha época la construccion de las obras en el agua no presentaba un cuerpo uniforme de doctrina. La mencionada obra tiene por otra parte la circunstancia, sumamente apreciable, de que todo lo que en ella se espresa, ó al ménos la mayor parte, se ha puesto en ejecucion con buen éxito; y por consiguiente debe inspirar hasta cierto punto, una completa confianza; pues en cosas relativas á la práctica, es de la mayor importancia el saber si la esperiencia corresponde á la teoría.

En el prefacio del primer tomo de la 1.ª parte, hace mucho aprecio de la obra de *Mr. Frezier* sobre el *corte de piedras*.

En el prefacio del primer tomo de la 2.ª parte dice: Pág. II

"El agua es un terrible elemento, que hay que sostener; cuando se trata de establecer sólidamente obras de consecuencia, á pesar de los furores del mar ó las corrientes impetuosas de los rios caudalosos, ¿qué inteligencia, destreza y constancia, no se necesita para conseguir el objeto?"

En el mismo prefacio pág. IV, dice: "Estas reflexiones son las que nos han obligado á hacer, por espacio de mas de 30 años, investigaciones sobre todo aquello que podia ponernos en estado de tratar una materia tan importante.

»No hemos omitido con este objeto, trabajo ni gasto, habiéndonos trasladado muchas veces, de propio intento, á nuestros principales puertos de mar.....Hemos recorrido los Paises-Bajos Austriacos y la Holanda, para apropiarnos las cosas que intentábamos dar á conocer."

Pág. VI del mismo prefacio dice:

"Bien sabido es que los que han escrito de Arquetectura con mas precision, han deducido sus principios de los mas bellos monumentos antiguos, que citan como ejemplos: nosotros del mismo modo hemos deducido nuestras reglas, de las esclusas mas magníficas construidas en Dunkerque, Mardieck, Calais, Gravelines, Ostende, Bousingue, Cherbourg, &c. Darémos á conocer sus propiedades principales, deduciendo reglas generales en lo posible de las cosas que en particular han surtido buen efecto."

Pág. XIII del mismo prefacio dice:

"Sería faltar á la gratitud, si pasásemos en silencio, que se

---

mos notar, que en la vida de este Sabio, inserta en la edi *Ciencia de Ingenieros*, impresa en 1815, se dice que nació *luña* el año de 1698.

dores á *Mr. de Segent*, ingeniero en Dunckerque de los mas in-
esantes dibujos que presentamos de esta plaza.....Tambien somos
dores de mucho á *Mr. de Caux*, ingeniero en gefe de Cherbourg,
e nos ha ayudado mucho con sus luces."

En el prefacio del tomo segundo de la 2.ª parte, llana 2.ª, dice:
"Debo tambien mucho á la lectura de una Memoria manuscrita
bre las propiedades de los puertos de mar, presentada al Rey
elipe V por *Mr. Flobert*, ingeniero en gefe al servicio de la Es-
ña, tan conocido por las brillantes operaciones que le han distin-
ido en las últimas guerras de Italia y otros paises."....

7 En Inglaterra se publicó, despues de la obra de Belidor, otra
mamente apreciable por *Juan Muller* intitulada *Tratado de for-
ficacion* ó *Arte de construir los edificios militares y civiles*; la
al se tradujo al castellano, y aumentada con notas y adiciones por
capitan de infantería é ingenieros *don Miguel Sanchez Taramas*,
imprimió en 1769.

Este apreciable Militar añadió, á lo que dice *Muller*, aquella
rte mas conducente de la obra de *Belidor*; y tuvo la feliz idéa de
pañolizar, digámoslo así, lo mas esencial á su objeto: añadiendo
a gran copia de noticias útiles sobre esta materia, relativas á Es-
ña, que, á la verdad se hallan mas apreciadas acaso de los es-
ngeros que de nosotros mismos.

La primera parte de dicha recomendable obra, contiene la teo-
de los muros, arcos y maderas; la segunda, el conocimiento de
materiales, sus propiedades y modo de emplearlos; la tercera, el
do de trazar una fortaleza sobre el terreno, formar el cálculo y
cutar las obras, poniendo al fin una seccion, añadida por Tara-
s, sobre la construccion de los pozos y cisternas, tomada de *Be-
lor*, y en que se da noticia de los pozos taladrados (*Puits forés*),
e ahora se caracterizan con el nombre *de pozos artesianos* ó *fuen-
ascendentes*.

La parte cuarta, por donde principia el 2.º tomo, se halla di-
dida en tres secciones. La primera trata de los puentes de piedra *,

* En prueba de nuestra imparcialidad, y de que lo que elogiamos
solo porque nos parece digno de ello, debemos advertir que el prin-
la seccion 1.ª, dice: "La situacion de los puentes es tan fá-
iscernir que casi no necesita esplicacion." Esto, en nuestro
dista mucho de ser verdadero; pues es asunto muy delica-
la mas seria meditacion. Igualmente debemos advertir que la
pág. 16 del segundo tomo, que contiene las dimensiones
res para los puentes, aunque reconocida exacta en su tiem-

del modo de hallar el espesor de los pilares ó machones, q sostener los arcos de un puente; y el de formar la curva de un arco elíptico, en el que se quiere que las dovelas es tuamente en equilibrio; lo que se ha de observar en la con de un puente, y para fundarle con cajones. En una import cion sobre la fábrica de los puentes, describe el que hay en ña, sobre el rio Llobregat en las inmediaciones de Martorel los naturales llaman *puente del Diablo*. Despues habla mu damente del puente de Alcántara, establecido sobre el rio la provincia de Estremadura, y considera tambien como d órden los puentes de Badajoz y de Mérida sobre el Guadian igualmente del de Medellin; del de Córdoba sobre el Guad del de Zamora sobre el Duero; de los de Zaragoza y Logr el Ebro; del de Orense sobre el Miño; del de Almaraz ó sobre el Tajo en Estremadura; del de Segovia y Toledo Manzanares en las inmediaciones de Madrid; del que se ha camino de Aranjuez á Madrid, sobre el Jarama; y conc

---

po, en el dia se reputa por demasiado el grueso que da p lares ó machones, y es de suma importancia que tengan únic preciso. Este no es un defecto solo de Taramas; pues si se con atencion todos los puentes construidos hasta la época en Autor escribió se advertirá, que sus Autores parece han llevado p la de *hacer gruesos los machones y pequeños los arcos*; siendo a bia verificarse lo contrario, para que el puente, dejando lib á mayor cantidad de aguas, estas le perjudicasen ménos. El pri te en que se proscribió esta especie de máxima fué el de *Neuil* truido sobre el Sena por el inmortal *Perronet*, á unas dos París. Aseguro con la mayor ingenuidad, que he pasado muc en diferentes épocas para reconocer el espresado puente, qu considerar como el modelo de todas las construcciones mo que me convencí, á su vista, de la valentía y grandeza de necesitó *Perronet* para construir un puente en la parte de bradía en las inmediaciones de París, cual es la proximidad d *Bois de Bologne*, separándose tanto de la rutina ordinaria.

Mr. Chezy corrió, bajo la direccion de Perronet, con la en su construccion. Dicho puente se principió en 1768, y se 1774. Está colocado en la direccion del eje del palacio de l rías, y la arboleda de en medio de los campos Elíseos. Const arcos en *anse de panier* (de que hablarémos (§ 24 y siguie bajada al cuarto. Siendo su abertura de 39 metros (110 pies arranques están colocados al nivel de las aguas bajas, y qu davia 2,27 metros (8,15 pies esp.) de intervalo entre las al y la clave de las bóvedas. El grueso de los machones ó pilar do [illegible] cos (15,15 pies esp.), la planta de sus tajamares a [illegible] un semicírculo, y están ligeramente bombeado [illegible] ara. Los estribos tienen 10,8 metros (38,76 p [illegible] stribos, en las cabezas del puente, se han col [illegible] cuya abertura es de 4,55 metros (16,35 pies

l adicion hablando del puente de Molins de Rey sobre el Llobre t en Cataluña.

Despues hace una advertencia para la disposicion, enlace y rostez de las cimbras. Describe el óvalo con arcos de sesenta grados, ndo se dan conocidos el eje mayor y el menor, y determina la razon e tiene el peso absoluto de un arco, con el respectivo que ha de tener la cimbra, ántes de sujetarlo con la clave.

En la seccion segunda, habla de los puertos de mar; enumerando edificios principales ejecutados en los Reales Arsenales de Marina y nas puertos de España; y en particular esplica el método observo en Cartagena para el establecimiento de los diques de carena, y s obras dentro del agua.

Y en la seccion tercera, trata de las esclusas y acueductos, terando con una interesante adicion sobre las utilidades que produlos canales de navegacion, y de regadío, y el modo de disponer, estos como los que se abren para facilitar la desecacion de los

---

ho del puente es de 14,62 metros (52,47 pies esp.); de los cuales 2 metros (33,81 pies esp.) son para el paso de los carruages; y 5 metros (7,29 pies esp.) para cada banqueta ó acera.

Los cimientos se han construido sobre pilotes, haciendo el desagüe gotamiento á 2,3 metros (8,26 pies esp.) mas bajo que las aguas as. El ancho del zócalo ó retallo sobre que reposan las pilas ó maes es de 6,82 metros (24,48 pies esp.), al nivel de la plataforma, e hace aun una salida de 65 centímetros (2,33 pies esp.) en todo ontorno de la fundacion; los paramentos se han construido con pieas de sillería muy grandes, y los macizos de todas las partes de la struccion se han llenado con piedras sueltas ó perdidas hasta 8 mes (28,71 pies esp.) sobre las bajas aguas.

Costó 2D3050000 francos, que vienen á equivaler á 9D2200000 rs. vn., comprendiendo los terraplenes, ni los caminos que conducen al puencuyo coste ascendió á 1D1720000 francos, que equivalen á 4D6880000 les vellon.

A pesar del mérito singular de dicho puente, al ménos respecto la época de su construccion, como en todo pais suelen alarmar las edades, á causa de las preocupaciones y el influjo de la ciega ru-, la construccion del puente de Neuilly fué violentamente atacada na Memoria, que se presentó á la Academia de las Ciencias de ís, y que hizo impresion aun entre los mismos Sabios. El respeta- *Perronet* sintió tanto mas este injusto ataque, cuanto su avanzaedad le imposibilitaba el responder. Pero *Mr. Prony*, discípulo de *ronet*, y que había estado á su lado, y al de *Mr. Chezy* desde 1783 791 para ayudarlos, en atencion á su avanzada edad, se apresuró ner una refutacion completa de los asertos de dicha Memoria: cual se grangeó el aplauso universal, é impidió que retrogra- Ciencia. Esto nos hace ver la necesidad de examinar los nuetos, con la mayor circunspeccion é imparcialidad; pues de o se corre el riesgo de que se perpetúen los errores, sepul- en el olvido *las invenciones* mas útiles é importantes.

terrenos pantanosos: y despues de dar noticias de algunos canales estrangeros, describe y pone el proyecto general de los canales de Castilla y de Leon.

8 *Don Benito Bails* publicó en el año de 1783 su *Arquitectura civil*; y en el de 1790 el *Tratado de Arquitectura Hidráulica*. En la primera pág. del prólogo de esta última obra, manifiesta que siendo muchos los puntos que debía tratar, le fué preciso ceñirse, y descartó lo ménos importante para los Alumnos de la Academia. Al fin del espresado prólogo, manifiesta que había estado esperando se publicase un *Tratado de Arquitectura Hidráulica*, que la Nacion Francesa tenía ofrecido para el año de 1789; y dice que "esperanzado de que por último saldría y me ayude á mejorar el mio, voy sacando este á pedazos ó trozos, quedándome lugar de disfrutarle respecto de la parte que yo no hubiese todavia publicado."

En la primera llana, párrafo 2 de su espresada obra, dice "Podemos pues reducir á seis los empeños de la Arquitectura Hidráulica: 1.° Fundar los edificios en el agua; 2.° Contrarestar el empuje de las aguas detenidas y la violencia de las corrientes; 3.° Aprovecharlas para la navegacion, el riego y los molinos; 4.° Guiar para los usos domésticos por encañados á las fuentes el agua de los rios y manantiales; 5.° Recoger la de las lluvias en depósitos donde se guarde pura y saludable; 6.° Fabricar puentes. Estos son los principales asuntos que hemos hecho ánimo de declarar en esta obra....."

Pero, por desgracia, solo publicó lo relativo á los tres primeros puntos; y haciéndole la justicia que con muchísima razon merece bajo todos conceptos, comprendió en ellos lo mejor que se conocía en su tiempo. Sin embargo, nosotros añadirémos todas las indicaciones que los progresos de esta ciencia han hecho despues, y que mas conducen para nuestro objeto. Dicho Autor describe bastante bien todas las operaciones de que trata; y en la pág. 57 manifiesta, que *la distancia á que se deben colocar los pilotes depende solo del aguante de cada uno de ellos*, y pone lo que sobre este particular se habia pensado hasta su tiempo. A lo cual me parece oportuno añadir, que *la esperiencia tiene acreditado, que clavando las estacas ó pilotes á muy cortas distancias, son ménos sólidas que cuando se hallan mas remotas, y que las muy gruesas no tienen á proporcion tanta fuerza y estabilidad como las mas pequeñas*; porque si el espacio ocupado, ó el terreno que desaloja un gran número de estacas muy juntas, ó muy gruesas, viene á ser mayor que lo que la tierra, por su compresibilidad, puede disminuir, las moléculas del suelo se sepa-

evantan y pierden su adherencia. Por esta causa, para ase-
mayor solidez de las estacas ó pilotes, es necesario calcular
cia y grueso, de modo que la parte desalojada sea igual á
compresion posible del terreno.

lo que dice *Bails* relativo á las *ataguías* * y su distincion
das, *espolones*, *estacadas*, *malecones*, *lenguas*, *diques*, y
es muy juicioso, y manifiesta que tuvo la mejor eleccion en
). En el párrafo 172 manifiesta, y con razon, ser un error
cer las azudes en direccion oblicua á la corriente; pero como
a época todavía no estaban en uso las azudes curvas, me
portuno indicar, que en el dia está reconocido que, para
s azudes, las presas, &c., es preferible un arco adintelado,
resenta la (fig. 57 lám. 5.ª) **.

octrina de *Bails* acerca del modo de aprovechar el agua pa-
egacion, y lo que dice respecto de los rios navegables y ca-
muy recomendable, y termina su obra ocupándose de la na-
interior de España en general, con cuyo motivo inserta li-

---

alabra *ataguia* no se halla en el Diccionario de la lengua cas-
Taramas dice pág. 28 que corresponde á la palabra francesa
que tampoco se halla esta equivalencia en los diccionarios
-españoles; por lo que reputamos de mucha importancia la
finicion que pone *Bails* pág. 129 de dicha obra.

nemos la mayor satisfaccion en anunciar que existe ya en Es-
presa construida por este sistema, que se debe tomar por
ara todas las de su especie. Esta obra es la construida sobre
adalimar en el sitio que llaman *Molino de la Orden*, propio del
eñor Marques de Camarasa cerca de Sabiote, por *Don Fer-*
Diaz, Arquitecto sumamente recomendable, que, llevando por
o ejecutar nada, sin fundarlo ántes en los conocimientos ma-
, ha logrado el que jamas se le desgracie ninguna construccion.

encionada presa tiene alguna oblicuidad respecto de la cor-
r circunstancias particulares de aquel parage; y para dar una
el sólido fundamento con que la recomendamos como un ver-
odelo, basta decir que aquel rio es tan formidable en tiemu
uvia ó deshielo, que en una ocasion, en el término de unas
subió el agua mas de 33 varas, crecida que no tengo no-
aya verificado jamas en parte alguna.

nemérito facultativo hizo una observacion sumamente interesante
rla, y es la siguiente: *Despues de construida la obra, en los*
l calor, la regaba con frecuencia; con lo cual logró consolidar
do la fábrica, que adquirió una grandísima consistencia.

e verificó en los años de 1819 y 1820; esto es, mucho ántes de
ampase esta idéa en la pág. 148 del tom. 14 del *Diccionario Tec-*
publicado en 1828, que es donde yo por primera vez la he visto
En efecto, hablando de las precauciones que se deben tomar
el empléo de las mezclas espuestas al aire, dice así: « Consisten
nente en evitar la desecacion, ya por abrigos, ya por aspersiones
a lluvia *fina durante los calores.*"

propuesta de *Juan Bautista Antonelli* á Felipe II.
gacion de los rios de la Península.
s de las obras de Taramas y de Bails, se han publi-
pa otras muchas sobre las construcciones en el agua,
es merecen consultarse las obras de *MMrs. Perronet*, de
Gauthey, el curso de construccion dado en la Escuela
r *Sganzin*, las investigaciones sobre las cales por *Vi-*
lios relativos á las Artes de construccion por el mismo;
assenfrat sobre las mezclas ó morteros, y las de *MMrs.*
rd, *Rondelet*, &c., &c. En todas ellas se prueba la im-
se debe dar á este género de obras, las precauciones que
ir, y la magestuosidad imponente de su construccion;
lo material de su impresion se ha procedido con dema-
duda para dar á conocer que, pues las construcciones
tan extraordinariamente costosas, viene á ser conve-
las obras que contienen sus dibujos ó su teoría, lo

o á las construcciones de madera, que tanto auxilian
s, debemos citar el Tratado de carpintería por *Krafft*.
dar alguna idéa de lo que importa tener presente en
construcciones, y deducir naturalmente los inconve-
esenta la construccion de las obras hidráulicas en el
pueda examinar si se salvan ó no por la construccion

bajos. Pero si en tiempos ménos ilustrados se prodigaron á las zañas de los guerreros, y á las obras de los poetas, aplausos, y gios, que no debían ser esclusivos, justo es que en un siglo en e se han sabido analizar las causas de la felicidad y del poder de naciones, y el lugar que ocupan en los progresos de las artes y l comercio, se tributen los debidos homenages á hombres cuyos abajos tienen por objeto aquellos progresos, aumentar las riquezas la nacion y proporcionar á las clases inferiores las comodidades la vida.

» Examinando por estos principios cual es el grado de estimaon que se merecen las obras de los ingenieros, se juzgará sin duda e hay pocos trabajos, entre los que sirven á la sociedad, mas remendables que los suyos. El establecimiento y perfeccion de las comunicaciones, que se ha puesto á su cuidado, son sin duda un objede los mas importantes, ya por lo que influyen en el comercio, la agricultura y en las artes, ya por las considerables sumas que él invierte el Gobierno. Muchas veces, para ejecutar las obras e exigen estas comunicaciones, es preciso vencer obstáculos de la aturaleza; es menester, para salvar las dificultades que presenta, unir los recursos que ofrecen las ciencias y las artes. Por esto necesta el Ingeniero profundos estudios y vastos conocimientos; pues son ocos los progresos de las ciencias físicas y de las matemáticas de e no pueden sacar partido. Todos los descubrimientos de estas cienas deben serles familiares, y es indispensable que sepan hacer uso e ellos con discernimiento; lo que supone un estudio profundo de s ciencias á que se refieren. Pero este estudio aun está muy léjos e serles suficiente; por ser todavía poco, si se halla destituido de esperiencia.....

» La grande importancia de los trabajos de los Ingenieros, las ificultades que presentan, la instruccion que exigen, debían ciertanente ser suficientes para sacarlos del olvido en que comunmente se allan sumergidos. Obligados en algun modo, por la naturaleza de us funciones, á hacerlo todo por la utilidad comun, y nada por la loria, quedan satisfechos por la interior complacencia que el hombre esperimenta cumpliendo deberes útiles, y por la confianza del Gobierno que funda á la vez, el feliz éxito de las empresas en sus talentos y en su carácter.

» Emiland María *Gauthey* nació el 3 de diciembre de 1732.

» En 1747 se creó por *Trudaine* la escuela de puentes y calzadas, y fué nombrado *Perronet* para el cargo de Director.

»Este célebre ingeniero, tan apreciado de sus discípulos, que supo promover en su cuerpo, el espíritu de honor y de emulacion, y la consideracion que es su consecuencia, prodigó sus cuidados y lecciones á los alumnos escogidos, cuyas disposiciones le presagiaban desde luego el éxito que se vió despues. Invitó á *Mr. Gauthey* á tomar parte en su suerte, y esperanzas.

»La beneficencia del Gobierno, mas activa despues, no se estendía entónces como actualmente, sobre todos los ramos. Los alumnos carecían de asignacion; y la falta de medios de *Mr. Gauthey* hubiera sido un obstáculo á su entrada en la escuela: dificultad que se venció pronto. Los Profesores se elegían entre los alumnos, y percibían una retribucion como recompensa de los grandes esfuerzos que tenían que hacer. Los conocimientos de *Gauthey* le designaban para ocupar la plaza de Profesor de matemáticas, que efectivamente se le confirió á poco de ser admitido en la escuela" y de aquí fue haciendo rápidos progresos, y le encargaron las comisiones mas importantes hasta llegar á desempeñar el cargo de *Inspector General de los puentes y canales de Francia.*

13 La introduccion, copiada literalmente, dice así:

"La mayor parte de los Arquitectos se han ocupado principalmente de la decoracion de los monumentos. Han dejado en sus obras pocas investigaciones sobre la construccion en general, y sobre la de los puentes en particular. Sin embargo, estos edificios que, á la verdad, son poco susceptibles de recibir una decoracion muy variada son acaso los que ofrecen mas dificultades en su ejecucion, ya sea por el modo de disponerlos segun los diversos terrenos, ya por la manera de establecer sus cimientos, ya por la construccion de sus bóvedas. Los puentes, sujetos como todas las obras del arte á los efectos inevitables del tiempo, tienen ademas que resistir la accion poderosa del fluido que procura sin cesar trastornarlos, minando las bases sobre que reposan. Estas bases sostienen masas enormes, muy distantes las mas veces de sus puntos de apoyo, y cuya construccion es mucho mas difícil que lo sería si el peso de estas masas obrase perpendicularmente.

»La grande importancia de los puentes, destinados á mantener las comunicaciones entre los diversos puntos de una nacion preparar caminos al comercio de los diferentes pueblos, y que casi mpre exigen considerables gastos, deben colocarlos en el primer go de las construcciones hechas á costa del Gobierno. El objeto debe ocupar esencialmente al que los construye, es darles un

dez á toda prueba; la verdadera economía en las obras públicas, sobre todo en las de Arquitectura Hidráulica, consiste en proarles la mayor duracion posible. Pero, si es esencial no omitir napara conseguir este efecto, lo es igualmente no perderlo jamas de ta. Siendo siempre considerables los gastos ocasionados para el esdlecimiento de los puentes, se deben evitar los que no sean absoamente necesarios, distribuir con discernimiento los fondos del Goerno para dejarle los medios de emprender la construccion de los e todavía faltan, y cuyo establecimiento conviene apresurar.

»Entre los Arquitectos que han tratado de los puentes, *Paladio* casi el único que ha entrado en algunos pormenores sobre su consuccion. Lo poco que dice se reduce á algunas máximas generales bre el sitio ó parage que debe preferirse, sobre el número de sus lares y sobre la proporcion del espesor de estos con la abertura de arcos que sostienen. *Alberti* y *Serlio* han propuesto tambien alnas reglas para determinar este espesor, pero ninguno de es Arquitectos alega razones para apoyar su dictámen: y lo poco ordes que se hallan en sus reglas, basta para mirarlas con desnfianza.

»Los Ingenieros mas célebres del último siglo han publicado despciones sumamente instructivas de los medios que han empleado ra la construccion de los grandes puentes, cuyos trabajos dirigie. Es sensible que estas obras interesantes sean tan pocas, y que lujo con que se han publicado sea un obstáculo para que no se iendan como corresponde. Sin embargo, los modelos que presentan, que ofrecen ejemplos de la aplicacion de las reglas, hacen todavía sear una obra en que las mismas reglas se espongan y discutan en órden metódico. Tal es el objeto que nos proponemos en esta. Pretando sobre este asunto un ensayo bastante estenso, se espera emñar á los Ingenieros á ocuparse de él, y á formar un tratado cienico, que nos falta.

»El único libro, cuyo Autor ha considerado bajo un punto de ta general la construccion de los puentes, es la obra de *Gauthier*, spector general de puentes y calzadas, impresa en 1728. En esta oca estaban poco estendidos los conocimientos sobre esta materia; n no existían en Francia mas que un corto número de puentes nstruidos con cuidado. Sin embargo, *Gauthier* trata de la mayor rte de los objetos concernientes á la materia: reune las diferentes estiones que deben examinarse y propone á los Sabios buscar la lucion. Una parte de estas cuestiones se han tratado despues por

diferentes Autores; pero ninguno las ha abrazado todas, y aun re mucho que decir sobre cada una de ellas.

»Las Memorias de la Academia de las Ciencias de Paris conti nen las investigaciones mas interesantes que se han hecho sobre aplicacion de la Mecánica á la construccion de los puentes y sob todo á la de las bóvedas. *MMrs. de la Hire*, *Bernoulli*, *Couple Bouguer*, han examinado sucesivamente los efectos de las fuerzas que se hallan sujetas las diferentes partes; la forma que convendri darles para mantener el equilibrio, y el espesor de los estribos de puente destinados á resistir su empuje. *Mr. Bossut* en las Memo rias publicadas en 1774 y 1776, y *Mr. Prony* en su Arquitectur Hidráulica, han vuelto á tratar las mismas cuestiones de una mane ra mas general, añadiendo algo á los trabajos de sus predecesores.

»Estas investigaciones analíticas se hallan por desgracia funda das en hipótesis desmentidas todos los dias por la esperiencia. Sus Autores han supuesto, casi siempre, que una bóveda cuando se rom pe, se divide en tres partes, y que la del medio causando el efecto de una cuña procuraba separar las otras dos penetrando sin rozar sobre las junturas que se separaban. Examinando con atencion, como se efectúa el rompimiento de una bóveda, se ha notado que no era como queda dicho, y confirmadas estas nuevas observaciones con es perimentos dirigidos especialmente á este objeto, es preciso abande nar los métodos seguidos hasta el dia, y que, por otra parte, con ducían á resultados poco susceptibles de aplicacion en la práctica.

»Entre las cuestiones que dependen de la teoría de las bóve das, la mas importante es la del espesor que se debe dar á los es tribos. De lo que nos ocuparémos despues de haber examinado la forma que conviene en los diferentes casos á los arcos del puente, y el grueso que debe tener la clave.

»Esta obra se divide en cuatro libros.

»El primero contiene la descripcion histórica de los principales puentes de piedra antiguos y modernos *, y particularmente de los puentes construidos en Francia. Añádese un estado general de los de estos últimos, cuya longitud de abertura es de mas de veinte metros.

»El segundo comprende los principios generales del establecimiento de los puentes, el modo de fijar las dimensiones de sus par-

* Entre los de España, pone los siguientes: El llamado de Toledo en drid sobre el Manzanares; el de Valencia sobre el Guadalaviar; el de torell sobre el Noya; el de Salamanca sobre el Tormes, y el acueduc le Segovia.

es en los de piedra y las de los muros para el sostenimiento de las tierras.

»El tercero tiene por objeto las cimbras, los puentes de madera y de fierro y los puentes movibles.

»El cuarto trata de los pormenores de las construcciones y de la formacion de los avances de los gastos necesarios."

14 El libro segundo principia de este modo:

"El principal objeto, que se debe tener en consideracion, al proyectar un puente, es dar á los arcos una abertura conveniente, para que las aguas de las inundaciones pasen por él libremente y asegurar su permanencia por una buena construccion.

»La solidez de un puente depende casi enteramente de la manera con que está fundado. Cuando sus fundamentos están bien establecidos, la parte superior se puede ejecutar con sencillez ó con lujo, sin que esto influya considerablemente en la duracion del edificio. Se observa, que un gran número de puentes se destruyen por los métodos viciosos empleados para fundarlos, y muy pocos por la mala construccion de sus machones ó de sus arcos: siendo por otra parte susceptible de corregir este último defecto y de precaver las consecuencias que podría tener.

»Se ha visto (en el primer libro de *Gauthey*) que casi todos los puentes construidos ántes del siglo XVIII, están hechos con mucha economía, tanto por el género de construccion como por el ancho que se les ha dado; pues los mas importantes apenas ofrecen paso á dos carruages. La mayor parte de los puentes de París son escesivamente anchos; pero, al hacerlos, se tuvo por objeto el colocar en ellos dos órdenes de casas, lo cual hubiera obstruido el tránsito público.

»Los arcos de la mayor parte de los antiguos puentes de Francia, no son grandes; y esceptuando las cabezas y los ángulos de los muros, que están hechos con pequeñas piedras de sillería, todo lo demas está construido de mampostería * cuyo precio es muy inferior al de la piedra de sillería; sin embargo, los puentes construidos con

* Como se suele confundir el significado de las palabras *albañilería*, *mampostería*, &c., no será inoportuno advertir, que la palabra *albañilería* es genérica y comprende todas las clases de fábrica. Cuando se hace uso de mezcla y de piedra sin labrar, que por esto se llama *piedra incierta*, se designa con el nombre de *mampostería*; cuando se hace uso de mezcla y ladrillo, y algunas veces yeso ó tierra, se designa bajo el nombre de *fábrica de ladrillo*. Se dice que es de *piedra de sillería*, cuando la fábrica se compone de piedras labradas segun el arte de la montéa, y corresponde á la *cantería*; por lo que se designa tambien con la denominacion de *fábrica de cantería*.

esta sencillez duran por mucho tiempo. En el siglo último, tratado, en general, de poner mucho lujo en las construcciones puentes *. Se han hecho demasiado anchos, aun en los parages tantes de las ciudades, y se han levantado arcos muy grandes y rebajados, cuya ejecucion difícil y atrevida obligaba á emplear dras de sillería considerables y costosas. De aquí han resultado tes muy hermosos, que han contribuido á la gloria de la Fra dando á las naciones estrangeras una idéa de la perfeccion á que bía llegado el arte de construir estos edificios. Pero el pequeño mero de puentes, formados por este sistema, ha absorvido los dos que el Gobierno podía destinar á esta clase de obras, y se desatendido otros muchos puentes sobre los caminos mas princip cuya construccion hubiera sido útil al Comercio **.

* El puente de Bordeaux merece ponderarse bajo este aspecto; segun mi modo de pensar, es un defecto de los mas clásicos, inutilizar obra para el verdadero objeto, por el lujo ú ostentacion fuera de su lu La principal y acaso única circunstancia esencial que debe reunir un p te, es la solidez; y lo primero que se nota, al ir á pasar por el de deaux, es que los gendarmes mandan que las diligencias vayan desp por él, á fin de que el puente no se caiga. En lo cual se observa el m trastorno de idéas en haber hecho, con muchos gastos, y empleando mu estudio, un puente cuya ruina se tema por una causa tan leve. Con cho ménos gasto se hubiera podido hacer un puente casi eterno, aun pasasen contínuamente á escape todas las piezas de artillería del unive Con este motivo, no podemos ménos de espresar que los verdaderos p cipios de *ornato* consisten en agradar la vista aumentando la utilidad objeto construido; pero buscar el recréo y adorno en lo que perjudic objeto principal, es un contra-principio digno de la mayor execrac Nuestro inmortal *Herrera* se debe considerar como un genio en esta pa pues no hay adorno que no aumente la solidez del edificio. En chos puentes, y uno de ellos es el de Segovia sobre el Manzanares en drid, se observan unas bolas sobre los tajamares; este adorno es a dable á la vista, y no solo no perjudica, sinó que dá mayor solid la obra. En efecto, el machon debe tener resistencia no solo para tener todo el peso del arco, sinó para resistir el ímpetu de la corriente á este ímpetu resiste tanto mas, cuanto mayor peso tenga. De manera, el peso de las espresadas bolas, ó de cualquiera otro objeto como pirá de, &c., sobre los tajamares ó machones, al mismo tiempo que sirve adorno, consolida la obra.

** Este es el modo de hablar con franqueza y con verdad; y de manera se ilustran los Gobiernos, dándoles á conocer al mismo tiemp órden y economía con que debe procederse en la construccion de esta se de obras. En efecto, al proyectar una obra, lo primero que se d averiguar es cuanto producirá de utilidad real y efectiva, y no si est bonita, ni si estará fea. Si una produce por ejemplo 4 por 100 de utili real y efectiva, y hay otra que produce 8 por 100, por esta es por la q lebe empezar; pues hecha esta, con lo que produzca, habrá para co r la otra, y al cabo de cierto tiempo se tendrán hechas las dos. Si p ntrario, se principia por la que produce poco ó no produce nada, a en ella el fondo, y queda sin concluir; ó aun suponiendo que se co

» Juzgamos que es indispensable distinguir, ya con relacion á su ho, ya con respecto al género de su construccion, muchas especies puentes. Los que están construidos en caminos de segunda ó tercera se y en ciudades no muy considerables, deben ser proyectados de erente modo que los puentes que se construyen sobre los caminos s frecuentados por los estrangeros, y situados á la entrada ó en lo erior de las grandes ciudades. En los primeros, es necesario ate- rse únicamente á la solidez y duracion; y solo en los segundos ede permitirse algo mas en ciertas ocasiones. Adoptando estos prin- pios, se invertirán útilmente los intereses del Gobierno y no se alversarán sus recursos.

» Al establecer un puente hay cinco cosas á que atender: 1.ª á la eccion del sitio; 2.ª al paso que se debe dejar al agua del rio; 3.ª á forma de los arcos; 4.ª á su magnitud; y 5.ª al ancho del puente. da uno de estos objetos se determinará en virtud de ciertas reglas, en razon de las circunstancias locales, no debiendo quedar nada á casualidad en el proyecto.

» Sentadas de este modo sus bases, solo falta fijar las dimensio- s particulares de cada parte, el espesor de las bóvedas, el de las las ó machones, así como el de los estribos, y elegir el género de ndamento que se haya de adoptar, segun la naturaleza de los ma- riales de que se haya de construir el puente. Pero sucederá con cuencia que estas últimas consideraciones influirán en las primeras ovidencias que se hayan tomado; y será necesario, para adoptar partido definitivo, combinar entre sí las diversas circunstancias cales y tenerlas todas simultáneamente en consideracion.

» El conocimiento exacto del local es indispensable para la for- acion del proyecto. Es necesario tener un plano del curso del rio en a estension suficiente para formar una idéa de su régimen y de las ndanzas que su lecho puede haber esperimentado, ó que parezca ceptible de sufrir en lo sucesivo. En el caso de que la colocacion l puente no esté fijada ya por cualquier circunstancia particular,

---

xya, no produce utilidad real y efectiva, y es como si nada se hubiera cho. Así como el *Marques de Santa Cruz*. dice en sus *Reflexiones milita-* , que mas batallas hemos perdido con decir nuestra caballeria *á ellos*, e con esto se desordenan, del mismo modo juzgo yo que una de las de nuestra decadencia, es la frase española, que se suele usar con frecuencia, al examinar un proyecto, diciendo *estará bonito*. Toda ue no tenga en sí mas recomendacion que el *estar bonita*, debe ser da, al ménos miéntras no tengamos espeditas todas nuestras comu- nes interiores, &c., &c.

el plano debe presentar las razones que sirvan para determinarla
nivelacion del curso del rio es igualmente necesaria, para hacer
nocer su declive; y es indispensable que se haga en las diversas
taciones del año, con el objeto de poder juzgar de las variaciones
las avenidas pueden originar, sea en la inclinacion misma, sea e
modo con que se distribuye.

»A los perfiles, que se hayan tomado en la longitud del c
del rio, será necesario añadir otros, dirigidos al través de su lec
que puedan servir para determinar su ancho, su forma y la prof
didad de las aguas en las diferentes épocas del año; y sobre todo
esencial señalar en ellos dos puntos fijos, el uno relativo á las ag
bajas y el otro á las mas altas aguas, que se hayan observado.

»Estos puntos servirán para fijar las alturas relativas de los fi
damentos de las diferentes partes del puente, las de sus arcos y
las rampas que será necesario formar en sus avenidas. Se debe re
nir á estos perfiles la medida de la velocidad del agua, que es sob
todo esencial conocer en la época de las mayores avenidas.

»El plan y los perfiles del curso del rio, y las medidas de
velocidad del agua servirán para determinar la colocacion del pue
y sus principales dimensiones. Mas para saber el método, que se
de emplear en su fundacion, es necesario conocer la naturaleza
terreno, sobre el cual corren las aguas del rio; lo que se consegui
sondeándole en diversos parages y á profundidades suficientes, pa
asegurarse de que se tiene de ella un conocimiento completo. Se halla
en el artículo de *fundacion de los puentes*, el modo con que se pra
tica esta operacion, así como los otros conocimientos que se debe u
procurar sobre este punto. Es en fin indispensable tener noticias exa
tas de la naturaleza y precio de los materiales, de que se pueda d
poner; y de si hay posibilidad de tener el número suficiente de obr
ros en las diferentes estaciones del año, y de su disposicion é inte
gencia. El Ingeniero debe reunir con cuidado todos estos conocimient
pues que son otros tantos elementos del proyecto que quiere formar

15 El capítulo primero trata del *establecimiento de los puente*
y la seccion primera, de su *colocacion*, y dice así: "El sitio don
ha de construirse un puente, no está siempre á la disposicion d
Ingeniero. En el campo se ve uno determinado á ello por la direcci
de los caminos; y en lo interior de las ciudades, por la colocacion
calles ó de las plazas inmediatas. No queda entónces al construc
sino el procurar vencer lo mas eficazmente posible, en el parag
le es señalado, los obstáculos que la naturaleza le opone.

»Sin embargo, el elegir la colocacion de un puente es algunas ces casi arbitrario *; y en una ciudad misma se toma frecuente- ente el partido de abrir nuevas calles, principalmente cuando las tiguas son tortuosas y demasiado estrechas..... Entónces es necesario ocurar establecer el puente sobre el terreno mas sólido y ménos sceptible de comprimirse ó de hundirse por la corriente de las aguas. endo la roca el mejor de todos los fondos, se puede algunas veces, ando no se encuentra muy distante, desviar el camino, alargándole go para ir á buscarla, lo cual es mas ventajoso que dejar espuesta solidez y duracion de la obra, edificándola en un suelo peligroso. e donde se deduce que es imposible dar reglas generales sobre este jeto, respecto del cual se decide ordinariamente segun las circuns- ncias particulares en que uno se encuentra; y solo se pueden indi- r los principales motivos en virtud de los cuales deba ejecutarse eleccion.

»Es esencial disponer el eje del puente perpendicularmente al hilo l agua **, á fin de que la direccion de la corriente sea paralela á las ras laterales ó paramentos de los machones. Cuando esto no es po- ble, se inclinan las caras de los espresados machones relativamente eje del puente, y entónces toma el nombre de puente *sesgado*. De cual se deduce que será necesario hacer un puente sesgado en di- ccion oblicua á la corriente, siempre que la direccion del camino rme con la del rio un ángulo diferente del recto. Se evita en lo ge- eral esta especie de puentes, principalmente cuando tienen muchos cos, en razon de la dificultad de su construccion; pero se debe tener esente que, esta dificultad, que se reduce á alguna sujecion en el arato, no merece la importancia que se le ha querido dar. No es

* Sería muy esencial, el que se tomasen las mas serias precauciones al egir el sitio de la colocacion de un puente. Yo he visto en las inmediacio- s de Talamanca un puente construido, y el agua del Jarama se iba por ro lado. Ví tambien, en las inmediaciones de Uceda, un puente que se llevó el mismo rio, el primer invierno de su construccion. En el parage nde estaba, tendría el rio unos treinta pies de ancho, y á pesar de esto, cieron dos arcos, poniendo en medio una gran pila ó machon, con lo al parece que lo que quisieron hacer era poner un obstáculo al agua, y r eso esta se lo llevó al instante.

** A pesar de esto, yo he visto construir un puente sobre el Ródano, rca de *Lyon*, en el parage llamado *La-Mulatière*, el cual está oblicuo á direccion de las aguas. Esta obra se hacía para que por él pasase el ca- de fierro que de *Saint-Etienne* se estaba construyendo para *Lyon*; yo e en medio del rio presenciando las fundaciones, en el momento en e clavaban las estacas y se hacían las pilas ó machones. Los *Sres. Se-* que son cuatro hermanos, son los Ingenieros que dirigían esta em- con el mayor conocimiento.

sario jamas titubear en hacer un puente en direccion ol
ente, siempre que la necesidad lo exija, ya por la di
amiento del camino, ya por el curso del rio *.

6 En la seccion 2.ª trata *Mr. Gauthey* de la *amplit*
so que se debe dar á las aguas por debajo de los puen
omprende bajo la palabra *débouché*, y dice así: "La
salida (*débouché*) que se debe dar á las aguas por l
tremamente importante, y su duracion depende muy
e de su resolucion mas ó ménos exacta. Por desgracia,
es semejante á todas las que proceden de las Ciencias F
ticas: está uno obligado á emplear, para resolverla,
faltan, y que dejarán siempre alguna incertidumbre en
s que se obtengan, hasta que una série de esperimentos
ténticos haya ilustrado enteramente esta materia.

» La salida del puente, que se proyecta, no es muy
rminarla bien, cuando hay en sus inmediaciones otro
e el mismo rio. Entónces se tiene cuidado de medir, d
idas, la seccion del rio en el parage de estos puentes,
r la velocidad del agua y la caida que se forma ordin
la parte de arriba. Por medio de las comparaciones sum
estos datos, se puede algunas veces fijar la nueva s
ante exactitud. Pero si no existe ningun puente cerca
re construir, es preciso, para resolver este problema,

Las dimensiones del lecho de los rios son generalmente bastante nstantes. Esceptuando los casos en que corren por terrenos de arena, ie ceden con tanta facilidad á la accion de las aguas, que la cor- ente puede en cada crecida trasladarse á parages diferentes, se es- blece en cada punto del curso del rio un cierto equilibrio entre la cion ejercida por las aguas sobre sus paredes, y la resistencia de s materias de que el lecho se compone; y en virtud de este equili- rio no suceden ordinariamente mudanzas muy notables en la magni- d ni en la forma de este álveo, que conserva siempre sobre poco as ó ménos el mismo régimen. Mas si por efecto de una causa cual- uiera, se aumenta la fuerza con que el agua propende á correr y á estruir el fondo y las orillas de su lecho, este por precision se agran- ará hasta que el equilibrio se haya establecido de nuevo, á ménos ue las paredes no estén compuestas de materias que presenten una esistencia mas considerable que la fuerza con que son atacadas. Si a velocidad del rio hubiese sufrido por el contrario una diminucion, l lecho se cegará por efecto de los depósitos sucesivos, hasta que la nagnitud de la seccion haya vuelto á ser tal que esta velocidad se alle con la resistencia del fondo precisamente en la relacion señalada or la naturuleza para la estabilidad del régimen del rio.

»De aquí resulta que si se disminuyese el ancho de un rio con bras hechas en su álveo, la velocidad se aumentaría por precision, ormándose un remolino y una caida; las aguas en este caso volve- ian á obrar sobre el fondo; y el lecho se profundizaría, hasta que el ncremento de la seccion, combinado con el de la velocidad, sea ca- az de compensar la diminucion del ancho que el rio haya esperi- mentado, y hasta que esta velocidad se vuelva á encontrar en equili- rio con la resistencia del fondo. Al contrario, si se aumenta el an- ho del álveo, la velocidad, disminuyéndose por precision, este lecho álveo tendrá propension á cegarse.

»Es, pues, muy esencial al construir un puente considerar la elocidad que las aguas tomarán debajo de sus arcos; es necesario ue esta velocidad no aumente, de modo que pueda atacar el fondo el rio, y socavar los cimientos de las cepas de las pilas ó machones de los estribos. Tampoco se debe disminuir sensiblemente dicha ve- cidad; porque entónces se habrá dado al puente sin utilidad una ngitud demasiado considerable, y esta diminucion podrá ocasionar pósitos que vengan á ser peligrosos en lo sucesivo. Hay con rela- on á este asunto algunas distinciones que hacer, respecto de la na- uraleza del terreno, de que se compone el fondo del rio. Si es esce-

sivamente compacto y tenaz, y se aproxima á ser roca, no podrá ceder sensiblemente á la accion del agua; y cualquiera que sea entónces su velocidad, no hay que recelar que el puente sea socavado. La única cosa, que se debe observar en este caso, es que las aguas no pueden tomar una gran velocidad sin que se forme en la parte de arriba del puente un remolino ó rebalsamiento considerable, y que si la salida fuese demasiado estrecha, podría tal vez producir inundaciones en la parte superior del rio y hacer difícil su navegacion. Si el fondo se compone de una materia que el agua pueda atacar fácilmente, será necesario tener cuidado de que su velocidad ordinaria no se aumente considerablemente. En fin, si el terreno cediese á la accion del agua, con tal facilidad que se pueda temer que, en una crecida, la corriente venga á dirigirse debajo de algunos arcos y socavar allí el fondo, mientras que depositase al mismo tiempo arena en otros, este será el caso de construir un zampeado general. Entónces el fondo presentando por todas partes la misma resistencia á la accion de la corriente, la obligará á regularizarse y á distribuirse igualmente sobre todo el ancho del rio; y mientras el zampeado subsista, no habrá temor de que ningun machon pueda ser socavado.

»Se vé, por lo que precede, que la velocidad que el agua debe tomar debajo del puente conviene determinarla de antemano en todos los casos, ya por la naturaleza del terreno que compone el fondo del rio, ya por la altura de los remolinos que se deben formar en la parte anterior, ó como suele decirse *agua arriba* y que depende del valor de esta velocidad. Como la cantidad de agua que lleva el rio es tambien conocida, la superficie de la salida que el puente debe dejar, puede calcularse inmediatamente. La cuestion se encuentra pues reducida al problema siguiente: *Dada la seccion del lecho de un rio y la velocidad del agua, determinar la nueva velocidad, que tomarán sus aguas y la altura del remolino que se formará: suponiendo que el lecho se encuentre angostado por la construccion de los machones de un puente.*

»Este problema no es susceptible de resolverse rigurosamente; pero haciendo abstraccion de algunas circunstancias, cuyos efectos son poco sensibles, y que aun se compensan en gran parte vamos á dar, segun *Dubuat*, una solucion que pueda emplearse útilmente en la práctica.

"Supongamos que *ABDC* (fig. 58 lám. 5.ª) represente la c lateral de un machon; y *GEF*, la inclinacion ó superficie nat del rio, ántes de la construccion del puente. Como en el intérvalo

echará la corriente, la velocidad y por consiguiente la inclina-
el rio, serán allí mas considerables; y la superficie del agua,
do abstraccion de las resistencias particulares producidas por
jamares, tomará una inclinacion, que podrá estar representa-
r la línea IF. Esta superficie, en la parte alta ó anterior del
, se levantará necesariamente por encima del punto I, y la
entamos por la línea HK; que en una pequeña longitud se
considerar sensiblemente horizontal.

Llamemos K * la superficie de la seccion natural del rio, k la
cie de la seccion, despues de construido el puente ó la superfi-
la salida (ó *débouché* segun Gauthey).

elocidad media del agua cuando no está formado el puente.
elocidad media que el agua tomará debajo del puente cuando
e halle construido **.

endiente ó declive del rio en la unidad que se elija.

ngitud de los machones $=AB$ ó EF.

altura del remolino $=EK$.

ierza aceleratriz de la gravedad $=9{,}8088$ ***.

e tendrá $v=\frac{K}{k}V$; pues que en un rio las velocidades están

n inversa de las secciones correspondientes **** y las alturas
á las velocidades V y v estarán representadas (§ 50 y 51
ráct.) por $\frac{V^2}{2g}$ y $\frac{K^2}{k^2}\frac{V^2}{2g}$.

a parte IK de la altura del remolino que corresponde al au-

---

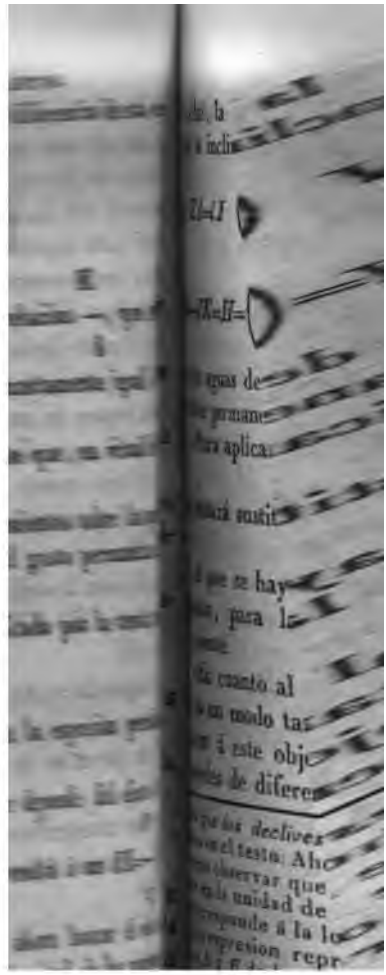
r. *Gauthey* hace uso de letras griegas; y nosotros, para mayor
, nos valdrémos de las de nuestro alfabeto, con que hemos ya se-
cosas análogas en esta obra.

unque la velocidad debajo del puente cuando se halle construido,
yor que la que tuviese sin el puente, la señalamos con v, y la otra
nálogamente á lo espuesto ya en otras ocasiones.

Aquí se advierte el error general de suponer que la fuerza de la
d es la misma en todas partes. Repetimos que el valor de g será el
esponda al parage, segun su latitud y altura sobre el nivel del mar,
hallará en virtud de lo espuesto (§ 5 de nuestro lib. 3.°).

Lo mismo se verifica en cualquier corriente de agua en virtud de
sto (§ 568 Mec.); y así, puesto que á la superficie K corresponde la
d V, y á la k, la v, en virtud de lo acabado de citar, de estar las
des de dos secciones en razon inversa de sus anchos ó superficies,

$k : K :: V : v$, que hallando el cuarto término, resulta.... $v=\frac{K}{k}V$.



bos, á través de los cuales el agua corría bajo carga
s considerables. Independientemente de que las dimen
s orificios, aun en los esperimentos hechos mas en g
comparables con las de los arcos de los puentes, se a
as circunstancias del tránsito son diferentes de las que
en la cuestion que nos ocupa.

verá en uno de los capítulos siguientes, cuyo objeto es
orma mas ventajosa que se debe dar á los tajamares d
s de los puentes, que dicha forma influye muy sen
así como tambien el espesor del machon, sobre el mod
fectúa la contraccion que modifica el paso natural del
o del puente. De aquí se sigue que el valor del coeficien
en parte de la forma de los tajamares y de la de los
están sumergidos en el agua. Pero no es posible dètern
debe tomar en los diferentes casos, y está uno reducid
l puente, á emplear el valor $m=1,097$, que parece in
gunos esperimentos de *Dubuat* que se refieren á este obj
í, poniendo en la ecuacion precedente por H y v los va
or la naturaleza del rio y la colocacion del puente, se d
último el valor de k.

s, para fijar de antemano la altura del remolino, que
rse en la parte anterior del puente, es necesario prevee

sencial en general hacerle tan poco considerable como sea posible.

»Se ha dicho ántes, que era peligroso dar al rio una salida demasiado grande: la razon es, que en este caso, podrían formarse debajo de algunos arcos, montones de arena, tierra, fango, cieno, &c., que adquiriendo con el tiempo bastante consistencia para resistir á la accion de la corriente, originará el que las aguas en una gran crecida, se dirijan con preferencia debajo de los arcos que hubiesen permanecido libres y espondrían sus machones á ser socavados. Es necesario, en general, evitar por una razon semejante, componer un puente de dos partes separadas por una pila ó machon; pues podría suceder que una de las dos partes, hallándose obstruida, toda la corriente se viese obligada á dirigirse debajo de la otra. Los puentes de Chasey y de Roanne han sido arruinados por esta causa. Se ve por lo demas, que los puentes solo perecen por defecto en la salida y que en última análisis el disminuir demasiado su seccion es siempre la causa de su ruina, ya por haber dado de antemano al puente una longitud escesivamente pequeña, ya que por el contrario se haya hecho demasiado considerable.

»Todos los elementos del cálculo de la superficie de la salida deben tomarse en el momento de las mayores avenidas del rio, y debe ser determinada en virtud de la cantidad de agua que lleva en dicha ocasion. Es esencial, sin embargo, en los rios que son susceptibles de ello, disponer los arcos de modo, que en sus mas bajas aguas, quede en algunos al ménos un metro de profundidad (un poco mas de tres pies y medio esp.), á fin de que la navegacion no se halle interrumpida. Será siempre posible combinar entre sí las diferentes condiciones á que la magnitud y la forma de los arcos que se emplées deban satisfacer; y en cada caso particular, se podrá llegar, haciendo diversos ensayos, á la mejor solucion del problema de que tratamos."

18 *Mr. Gauthey*, para aclarar esta doctrina, la contrae á ejemplos de puentes de Francia; y nosotros harémos aplicacion al puente que hay sobre el Jarama en el camino que de Aranjuez viene á Madrid llamado comunmente *puente largo*, y que en efecto lo es por antonomasia; pues tiene una longitud escesiva.

El plano y perfil de este puente se hallan en la lámina 11 A de la obra de Taramas, de donde nosotros hemos copiado nuestra figura 78 que representa la elevacion de dicho puente; y encontrando la relacion que tendría toda la seccion del rio, ántes de estar construido el puente, con la superficie que componen todos los cla-

ros de los arcos y que forman la salida del agua por él, se encuentra que es la de 3 : 2.

Comparando la superficie que forma la salida del agua, con la superficie que ocupan los machones ó pilas con sus zócalos ó retallos, la imposta, &c., es decir, con toda la superficie de los obstáculos que se oponen al paso libre del agua en las avenidas, se encuentra la relacion de 1,88:1, que quiere decir, que *la superficie que ocupan los obstáculos que el puente presenta al paso del agua es mayor que la mitad de la superficie libre del agua*, que es lo que yo llamo *salida* (y que Mr. Guthey llama *debouché*). De esta imperfeccion en la traza y construccion primitiva son consecuencias forzosas las composturas en que siempre se anda, y las inundaciones de los terrenos anteriores á su posicion, motivando los dispendios y estragos que son tan notorios.

Este puente tiene todos los defectos de los que se construían en aquella época. Ante todas cosas, su longitud es de 1063 pies; y esto origina que en las bajas y medianas aguas deja el puente una salida demasiado grande, y resulta que debajo de algunos arcos se han formado bancos de arena, que habiéndose consolidado, obstruyen el paso en las grandes avenidas, y obligan á que la mayor parte del agua pase solo por dos ó tres arcos, con lo cual padecen contínuamente las cepas de sus pilares ó machones.

La última vez que yo pasé por dicho puente, fué en marzo de 1830; y entónces los arcos que estaban llenos de depósitos de arena, eran los que se aproximaban á Madrid, y casi toda el agua iba por unos cuantos de los arcos últimos que están por la parte mas próxima de Aranjuez; y justamente en aquel parage es donde las cepas de los machones se habían socavado por la parte inferior, ó por la parte de aguas abajo. Con lo cual se ve confirmada toda la teoría que hemos espuesto.

Ademas, en este mismo año de 1831 se ha verificado que el terreno mas arriba de dicho puente, en el parage que llaman el *soto*, se ha inundado considerablemente en este invierno: lo cual procede principalmente del esceso de grueso en los machones.

La imposta que se coloca en dicho puente, un poco mas alta que el nivel de las aguas bajas, es sumamente defectuosa; pues el resalto que tiene es estremamente perjudicial y no conduce ni á la belleza, ni á la solidez, ni á nada mas que aumentar el gasto, proporcionar un estorbo y entorpecimiento al hacerla, y una causa continuada para que la obra se deteriore.

do á adoptar esta forma por la necesidad de dar mucha salida sin aumentar considerablemente la altura *. Tiene efectivamente esta ventaja, y ofrece por otra parte, cuando los dos diámetros no son muy desiguales, casi tanta solidez y facilidad en la construccion como los de medio punto.

» En cuanto á los arcos en arcos de círculo, es necesario distinguir dos casos diferentes. El primero es aquel en que los arranques están sumergidos en el agua. Entónces la forma del arco tiene sobre los de *ansa de panier* la desventaja de dar una salida ménos considerable, y de ocasionar tímpanos demasiado macizos. Este último defecto parece haber sido conocido por los primeros constructores; porque las enjutas de sus arcos están casi siempre llenas de tierra ó descargadas por medio de pequeñas bóvedas que en español se llaman *conejeras*.

» En el segundo caso los arranques del arco se elevan sobre pies derechos, al poco mas ó ménos á la altura del nivel mas alto de las grandes avenidas del rio; lo que obliga ordinariamente á hacer el arco muy rebajado. De esto resulta que la presion lateral de las claves es muy considerable, y es necesario entónces poner el mayor cuidado en la construccion, á fin de que la bóveda no quede espuesta á bajar despues del descimbramiento, como ha sucedido alguna vez. El modo con que se ejerce el empuge en los arcos de esta especie es diferente del modo con que obra en los otros. No propenden ordinariamente á trastornar los estribos, sinó á hacerles resbalar horizontalmente. Indicarémos despues los medios que juzgamos mas á propósito para resistir á este empuge, sin hacer gastos considerables.

» Se verá tambien en lo sucesivo, que la resistencia que los arranques de los arcos oponen á la corriente, cuando están sumergidos en ella, es una de las principales causas de los socavamientos que se forman al pie de los machones. Los puentes en arco de círculo tienen, pues, bajo este aspecto una gran ventaja sobre los otros, cuando las aguas del rio no llegan á sus arranques.

» No es posible dar reglas generales para la eleccion que se deba hacer entre estas especies de arcos. Se decidirá en cada caso particular segun las circunstancias locales que puedan presentarse....."

21 En la seccion 4.ª trata de la magnitud de los arcos, y dice así:

---

* Esta misma ventaja vienen á tener tambien los arcos elípt rebajados.

"Aunque la magnitud de los arcos depende ordinariamente de unstancias particulares al parage en que el puente se ha de cons- r, vamos á tratar de establecer algunas reglas generales que pue- servir de norma.

»Los arcos pequeños convienen principalmente á los rios lentos ó ificos, y cuyas aguas no se elevan á una grande altura. Entónces lo regular es fácil el fundar, y es una razon mas para no temer tiplicar los puntos de apoyo. Los arcos grandes convienen por el rario á los torrentes donde es en general difícil de establecer los damentos, y donde las aguas arrastran frecuentemente rocas ó ár- s, que pueden perjudicar á los machones y á los arranques de los s, que es importante colocar entónces mas altos que la superficie las aguas.

»En los rios caudalosos deben emplearse tambien de preferencia arcos grandes, particularmente cuando están espuestos á considera- avenidas; pero el medio mas ó ménos costoso de establecer los damentos de los machones, influirá mucho en el partido que se da tomar sobre este punto. Tambien se tendrá en consideracion la uraleza de los materiales, de que el puente se ha de construir, y tienen necesidad de ofrecer mayor solidez para grandes arcos que a pequeños, así como á la especie y magnitud de los barcos que eguen en el rio, á que es necesario dejar un paso franco.

»En cuanto á la luz de los arcos, se pueden tomar dos partidos, acer todos los arcos iguales entre sí, ó disminuir progresiva- te su luz en cada uno, desde el de en medio hasta los que termi- el puente.

»Si todos los arcos son iguales, se tiene la ventaja de dar á los abros de sus bóvedas la misma altura sobre el agua y de poderlos imbrar todos con las maderas que hayan servido para los dos pri- os. Pero entónces se aumenta la altura de las avenidas del puen- y por lo mismo se halla uno precisado á hacer calzadas mas con- rables y á embarazar mas las casas contiguas. Hay tambien el nveniente de no poderse desembarazar con facilidad de las aguas viales, que, permaneciendo mucho tiempo sobre el puente, se fil- n en su interior y le deterioran; no se puede dar sinó poca inclina- á las regueras por las cuales las aguas se dirigen á los conductos las vierten en el rio. Cuando los puentes tienen dos banquetas, las turas verticales que se practican á través de las bóvedas están estas á los mismos inconvenientes.

»Si los diámetros de los arcos son desiguales, estos últimos in-

venientes desaparecen; entónces uno es libre de dar por
pavimento del puente una inclinacion, que sin embargo
eder de 28 milímetros por metro ($\frac{1}{36}$). Se disminuyen po
los obstáculos de las avenidas y la altura de las calzad
e, por lo demas, obtener á un mismo tiempo las vent
dos métodos, dando á todos los arcos la misma abert
o colocando sus arranques á alturas, de modo que vayan
do desde el medio hasta los estremos del puente.

»Es necesario dejar á los arcos una altura suficient
las grandes avenidas los cuerpos estraños, tales como
el rio puede arrastrar, pasen libremente por debajo d
mínimo de esta altura es, cuando los arcos son iguale
un metro (3,5889 pies esp.); y cuando son desiguales,
ede ser comprendida entre 70 centímetros y 1,40 metr
re 2 pies y medio y 5 pies esp.)."

22 En la seccion 5.ª trata del ancho de los puentes

"El ancho, que se debe dar á los puentes, depende
parage donde se construye. Debe arreglarse en virtud
importancia del camino sobre que están construidos, ó l
la ciudad á que sirven, y es esencial no hacer este an
do considerable, porque es aumentar el gasto sin utilid

»Si el puente se ha de situar en el campo para un c

nota tercera *es sobre el valor del coeficiente* m *en el cálculo* ı *salida total que los ojos de los puentes deben proporcionar á* ıguas; y pág. 242 dice así:

"*Mr. Dubuat*, al distinguir las diversas especies de contraccion ıueden presentarse en los movimientos de los fluidos, ha descri-) la que se verifica en el caso de entrar el agua en un canal mas :ho, y cuyo fondo no está mas elevado que el del lecho en que contraba al principio. Esta contraccion es sobre poco mas ó mé- el mismo género que la que se manifiesta en el paso de los :es; y el coeficiente habiendo variado, en los esperimentos que ı relativos, desde $m=1,366$ hasta $m=1,097$, conviene adoptar último valor, particularmente porque el de m debe aproximarse mas á la unidad cuanto la profundidad del cauce es menor con ion á su ancho, y porque estas circunstancias se aproximan ó ı mucha analogía con lo que se verifica ordinariamente en ıuentes.

Se ve, sin embargo, cuanta incertidumbre queda sobre este to, que ofrece un nuevo campo para investigaciones esperimen- muy interesantes. *Mr. Dubuat* solo ha hecho dos esperimentos :a de este particular. Ha empleado un canal artificial, de forma ngular y de 465 milímetros (1,67 pies esp.) de ancho, en el ha colocado dos semi-pilas ó semi-machones, de 61 milímetros pulgadas esp.) de espesor, aplicados á estas caras laterales, y pila ó machon de 123 milímetros (5,3 pulgadas esp.) de espesor cada uno de sus lados, quedando dos pasos iguales de 11 centí- s (4,7 pulgadas esp.) de ancho; de manera, que el paso total ıba reducido á cerca de la mitad. El tajamar tenía la forma de iángulo isósceles; y el estribo del machon, la de un triángulo ıtero rectilíneo. Dichos esperimentos se hallan consignados en bla siguiente:

Principios de Hidráulica. Tom. 1.° pág. 15.

Número de los esperimentos	Velocidades medias.	Alturas del agua.	Alturas del tajamar.	Remolinos observados.	Remolinos calculados.
	Metros.	*Metros.*	*Metros.*	*Metros.*	*Metros.*
194	0,356	0,172	0,188	0,016	0,025
195	0,318	0,123	0,144	0,021	0,020

»La velocidad media, como tambien las alturas en el tajamar, las ha dado inmediatamente la observacion; los números de la tercera columna se han calculado por la fórmula de *Mr. Dubuat* para el movimiento de las aguas corrientes. De ella se han deducido los valores del remolino comprendidos en la quinta columna; y en cuanto á los de la sesta, se han calculado por la fórmula dada en el testo, suponiendo $m=1,097$. Se ve que esta fórmula va mas conforme con el segundo esperimento. La diferencia que existe entre su resultado y el de la primera, proviene de la disposicion adoptada, y en virtud de la cual el fondo del canal teniendo muy poca inclinacion á fin de que el agua pudiese tomar una velocidad suficiente para producir el gasto, esta inclinacion se había formado sobre la superficie de la corriente, lo que había disminuido la profundidad del agua al encuentro del puente."

24 En el capítulo 2.° trata de la descripcion de los arcos de los puentes, dividiéndole en tres secciones. En la primera trata de los de medio punto; en la segunda, de los arcos en ansa de panier; y en la tercera, de los arcos que se componen de un arco de círculo, que son los que en la Arquitectura se llaman *escarzanos*.

En ninguna de las materias hemos estado tan indecisos como en esta sobre si la insertaríamos ó no. La razon es que toda la doctrina de lo que los Franceses llaman *ansas de panier*, que otros designan bajo el nombre de *curvas de muchos centros*, y corresponde á lo que en español se llama *arco carpanel ó apaynelado*, es vaga, incierta, inexacta y de una complicacion muy estraordinaria, dejando al arbitrio de los constructores una multitud de cosas, que originan en la práctica inconvenientes; de tal magnitud y trascendencia, que se ve frecuentemente en muchas construcciones trazar ó hacer lo que se llama la *montéa* un número considerable de veces; y

espues de una inmensidad de tantéos, venir á construirla, como icen, á *ojo de buen cubero*. Por esta causa, parece que no deíamos comprender este método, si había otro mejor; mas por tra, llevados de nuestra imparcialidad, nos parecía oportuno inser-ar dicha doctrina para dejar al lector que decida. Esta opinion lle-ó á prevalecer en un principio, y tenía ya traducido literalmente odo el capítulo. Pero despues, al ir á repasar lo escrito, me con-encí de tal modo de los errores á que puede inducir dicha teoría, ue no puedo ménos de suprimirla, sustituyendo en su lugar un nétodo mas sencillo, mas claro, mas exacto, y mas elemental y al lcance de todo género de constructores; pues la principal dificultad ue se encuentra en estas cuestiones, se vence por mi método, sin as que *dividir un ángulo en dos partes iguales*: operacion que es na de las primeras de la Geometría, y para cuya inteligencia no se ecesita recurrir á ningun conocimiento de Álgebra, ni de Aritmética.

25 Para proceder con el debido órden, observaré que *Mr. Gau-ey* principia su seccion segunda del modo siguiente:

"La forma de los arcos en *ansa de panier*, no queda entera-ente determinada, aun cuando se haya fijado su abertura ó luz, y sagita, flecha ó altura. Es posible, en efecto, describir sobre dos ámetros dados una infinidad de curvas diferentes.

»Las solas condiciones á que la curva de un *ansa de panier* á sujeta, es, que la tangente en el vértice sea horizontal, y que tangentes en los arranques sean verticales. Como una *semi-elipse* za de estas dos propiedades, parece natural elegir esta curva, con ta mas razon, cuanto siendo la única, entre todas las que se po-an tomar, cuya curvatura decrece uniformemente desde los ar-ques hasta el vértice *, debe presentar á la vista el aspecto mas adable. Pero tiene el inconveniente de obligar en la construccion udar de centro para cada dovela, lo que es bastante incómodo; frece sobre todo la desventaja mas importante de no dar tanta da al agua como las curvas de que vamos á tratar, á ménos que liferencia de los dos diámetros del arco no sea muy considerable.

»Se empléan ordinariamente, en lugar de una semi-elipse, cur-compuestas de un cierto número de arcos de círculo; porque es dueño, determinando convenientemente las longitudes y los ra-

---

Esto que asegura el Autor, sin citar donde se halla demostrado, se con la mayor facilidad de lo que yo demuestro §§ 12, 33, 45, y 49 *Memoria sobre la curvatura de las líneas en sus diferentes puntos, so-radio de curvatura y sobre las evolutas.*

estos arcos, de dar al *ansa de panier* la forma que
as conveniente.

Para esto, conviene tener presentes estas dos condicio
curvatura del primer arco, al partir de los arranques,
a de la elipse que se construyese sobre los dos diáme
, á fin de dar al arco mas superficie de salida que
si se emplease dicha elipse; 2.ª que el radio del a
no esceda de un cierto límite. El valor de este límit
fijar en general, pero no debe esceder al doble de la a
o; y si hubiese precision, por circunstancias particula
r un radio mayor, sería necesario tener cuidado de no
tas de las dovelas al centro del arco, sinó á un pun
nado.

atisfechas estas dos primeras condiciones, es necesari
ar el número de arcos de círculo, de que se ha de co
de panier. No se pueden emplear ménos de tres, y
hayan empleado nunca mas de once: vamos á espr
con que se describen en estos diferentes casos."

Siendo todo esto tan vago é indeterminado, he dis
ucho tiempo acerca del orígen que ha podido dar m
estas curvas, en las construcciones, respecto de la el
lado que es porque hasta estos últimos tiempos, la

le las líneas, me estendí bastante sobre los radios de curvatura le la elipse, para que los constructores hallasen fácil el camino: calculando con el mismo objeto las evolutas de dicha curva, cosa que no tengo noticia haya ejecutado nadie ántes que yo. Y por último manifiesto en el párrafo 49 el modo de trazar la elipse, con un movimiento contínuo, por el cual resulta que la direccion del hilo con que se traza cada punto siendo el radio de curvatura, representa la direccion que deben tener las juntas de las dovelas, y se pueden trazar estas sin mas que fijar la direccion del hilo en los respectivos puntos.

27 Los constructores suponen que el *ansa de panier* ó *curva de muchos centros* es mas fácil de trazar que la elipse. Lo cual es n error; pues si se compara la construccion de dichas curvas con l método espuesto (247 II T. E.) para trazar la elipse, por un moimiento contínuo, cuya esplicacion ocupa solo cinco renglones, se otará que es mucho mas sencillo y exacto el trazar la elipse, sin ejar nada de incierto, que el trazar las mencionadas ansas, ó curas de muchos centros. La elipse, ademas de la sencillez de su consuccion, presenta una figura siempre agradable á la vista y elegante. or lo que, en mi concepto, se debería desterrar enteramente el uso las *ansas* y de los *arcos* en *arcos de círculo*, cuando no es la nicircunferencia, prefiriendo la elipse en todos los otros casos; pues sean los arcos tan *rebajados* * ó *peraltados* como se quiera, entrarán en la elipse medios fáciles, seguros y exactos para consuirlos, conciliando cuantas circunstancias se pueden exigir, sin de nada de incierto. Los Autores del *Diccionario tecnológico* son ualmente de mi opinion, asegurando que la preferencia que los nstructores dan á las ansas, respecto de la elipse, proviene de *pe-za* ó de *ignorancia*, y yo diría que proviene de las dos cosas.

28 Los dos inconvenientes que achacan los constructores á la pse (§ 25), son de muy poca consideracion, comparados con los e resultan de las ansas y de los arcos de círculo. En efecto, el r menor salida al agua, queda remediado con principiar un poco as arriba los arranques del arco elíptico, haciendo que este sea un co mas rebajado para que pase precisamente por el vértice señado de antemano. Pero este inconveniente es de tan poca considera-

Se dice que una bóveda ó un arco es *rebajado* cuando su flecha, sa- ó altura *CD* (fig. 60 lám. 5.ª) es menor que *CB* mitad de la luz, ó tura *BA*; y *peraltado*, al contrario, cuando la flecha, sagita ó altura fig. 65) es mayor que *OD* mitad de la luz ó abertura *CD*.

cion, que yo he construido una semielipse con los mismos ejes que el ansa del puente de Neuilly; y mi semielipse apenas se diferencia del ansa de panier construida por Perronet, como se vé (fig. 59 lám. 5.ª). La línea efectiva representa el ansa construida por Perronet; y la semielipse construida por mí, con los mismos ejes, se confunde con ella en todas partes, escepto en los puntitos que se advierten por lo interior: donde aparece de cuan poca consideracion puede ser el decremento de salida al agua que dé la elipse respecto de la que proporciona el ansa de panier. Luego dicho inconveniente queda desvanecido del modo mas completo.

El tener que mudar de centros en cada una de las dovelas, no es tan complicado, si se atiende á que siendo la curva simétrica, solo hay que considerar la mitad del arco: y la dificultad de hacerlos, como corresponde, desaparece cuando se poséen los conocimientos necesarios.

29 Todos estos inconvenientes se hallan vencidos con lo que yo espongo acerca de la elipse, tanto en mi Tratado Elemental de Matemáticas como en la espresada Memoria de la curvatura; mas para que se note hasta qué punto son sencillas las resoluciones y reglas, que suministra para la práctica, la doctrina que allí se espone, y convencer de la mayor facilidad, certeza y exactitud á que conducen, vamos á indicar lo que exige la construccion vaga de las ansas, y á poner despues la sencillísima y exacta construccion que resulta por mi método.

30 Con este fin, observaré que *Mr. Gauthey*, al tratar de las ansas de panier descritas con tres arcos de círculo, tomando en consideracion que aun cuando sean dados los dos ejes del ansa, esto no basta para determinar la longitud de los radios de los círculos, y que es preciso proporcionarse otra condicion, se propone primero por condicion el que *los tres arcos, de que se compone el ansa, sean iguales á la sexta parte de la circunferencia*, y despues de un cálculo, que no deja de ser penoso, viene á deducir (fig. 60) la siguiente construccion.

Supongamos que AB *sea la luz ó abertura del ansa, á que tambien, aunque impropiamente, se le suele llamar diámetro;* DC *la sagita ó flecha del arco; tómese desde el punto* C *la* CK *igual con la diferencia* CB—CD. *Fórmese sobre* CK *el triángulo equilátero* CHK; *tírese la altura* LH; *y haciendo centro en* L *con un radio igual á* LH, *trácese un arco* HG, *y el punto* G *en que encuentre á la parte* LB *de la luz ó abertura, será el centro*

del primer arco, partiendo desde el arranque B. *Haciendo centro en* G *y con un radio* GB, *trácese el arco* Bm, *hasta que la cuerda* Bm *sea igual con* GB, *y se tendrá ya construido el arco que pertenece al arranque* B. *Del mismo modo se trazará el* An *haciendo centro en* F *con un radio* AF *igual con* GB; *y para trazar el* nDm, *se hallará primero su centro* E, *trazando un triángulo equilátero sobre* FG; *y haciendo centro en* E *con un radio igual con* ED, *se describirá el arco* nDm, *y quedará construida el ansa de panier con los tres centros* F, E *y* G.

Pero podrá suceder, que, despues de todo este trabajo, resulte que el arco *nDm* de en medio forme garrotes con los *An* y *Bm*, como sucede siempre que la curva deba ser muy rebajada ó muy peraltada. En este caso, es necesario emplear mayor número de centros: asegurando los prácticos que hay bastante siempre con cinco centros.

El otro método con que *Mr. Gauthey* determina esta cuestion, para describir el ansa de tres centros, es proponiéndose por condicion el que *los radios de los tres arcos difieran lo ménos posible*. Para lo cual, necesita resolver una cuestion de *máximos* y *mínimos*, haciendo uso precisamente del Cálculo Diferencial; para la que se necesitan los mismos conocimientos que para determinar los radios de curvatura; de manera, que solo el trazado material de la curva exige resolver una cuestion del espresado Cálculo del mismo órden que la de hallar los radios de curvatura con toda exactitud, si se hiciera uso de la elipse; y ademas quedan en pie las otras dificultades é incertidumbres.

31 Al pasar Mr. Gauthey á describir las ansas de mas de tres centros, se contrae á la construccion de la de los arcos del puente de Neuilly, que está representada en la (fig. 61); y pág. 249 dice así: "Despues de haber fijado el radio *FB* del primer arco en sus arranques, se ha tomado sobre la prolongacion del diámetro menor *CD* una distancia *CE*, que se ha hecho arbitrariamente tripla de *CF* y que por otra parte podría tener con esta línea, cualquiera otra relacion. Habiendo despues dividido *CE* en cinco partes iguales, y *CF* en cinco partes que estuviesen entre sí en la relacion de los números 1, 2, 3, 4 y 5; y unidos los puntos de division por las líneas *LF*, *MG*, *NH*, *OI*, *EK*, se han tomado por centros de los diferentes arcos, que componen el ansa, los puntos *E*, *P*, *Q*, *R*, *S*, *F*, que se hallan en las intersecciones respectivas de estas líneas.

»Se ve, que en la curva, que se describe de esta manera, la relacion de la altura *CD* á la abertura *AB* depende de los datos de que se ha partido, es decir, de la longitud de la línea *CF*, y de su relacion con *CE*. Mas cuando uno se propone describir un ansa, sus dos diámetros están determinados regularmente de antemano; así, despues de haber construido una curva por el método precedente, será necesario modificar esta curva, de modo que la altura *CD* venga á ser precisamente igual á la que uno se haya propuesto, ó sea dada."

Y pasa luego á encontrar la verdadera figura, haciendo uso de una multitud de conocimientos de Álgebra y de Geometría; lo que hace sumamente largo y penoso dicho método, ademas de las incertidumbres y arbitrariedades que encierra. Y por otra parte, el ahorro, al hacer la montéa de la direccion de las dovelas, no es de gran consideracion; pues las juntas del arco *Bm*, deben dirigirse al centro *F*. Las del *mn* al centro *S*; las del *nr* al centro *R*; las del *rs* al centro *Q*; las del *st* al centro *P*; las del *tDu* al centro *E*; y las de los arcos restantes á los puntos correspondientes señalados á la izquierda de la línea *CE*.

32 En vez de toda esta complicacion, vamos á proponernos *construir la elipse correspondiente al arco del puente de Neuilly por los mismos datos de Perronet*, que son los que hemos espresado (nota del § 7).

La abertura del arco de este puente es de 39 metros (140 pies esp.); el ansa de panier está rebajada al cuarto, lo que quiere decir que la sagita, flecha ó altura es la cuarta parte de la espresada luz ó abertura; será pues dicha sagita de 35 pies; y quiere decir, que la elipse deberá tener el eje mayor *AB* (fig. 62) de 140 pies, y el semieje menor *CO* de 35. En virtud de lo espuesto (§ 247 II T. E.), para construirla por un movimiento continuo, está reducido á tirar por el medio de *AB*, que suponemos de 140 pies esp., la perpendicular *CO*=35; y tendrémos que *C* será el vértice de la elipse ó el punto mas alto del arco, que es donde se ha de colocar la clave, que es la piedra ó dovela con que se cierra todo arco.

Desde *C* con un radio igual á *OB* mitad de *AB*, ó de 70 pies, señalarémos, en el eje mayor *AB*, dos puntos *F* y *F'*, los cuales serán los *focus* de la elipse. Fijando, pues, en *F* y *F'* dos clavos, punzones ó puntas, y asegurando á ellos una cuerda, cuya l sea exactamente de 140 pies, esto es, de la magnitud *AB* la abertura, que ha de tener el arco, y poniendo tirante

r medió de otro punzon ó punta cualquiera, y moviéndole de modo e la cuerda ó hilo esté siempre tirante, quedará trazada exactamente elipse sin garrotes si el parage donde se traza es bien plano, se- n representa la espresada (fig. 62); donde señalamos en el punto la posicion del punzon y de las dos partes del cordon ó hilo cor- spondientes á dicho punto. A este modo de trazar la elipse, se le racteriza en la práctica con la denominacion de *vuelta de cordel* ó *rco de punto hurtado.*

33 Compárese esta sencilla operacion con todo lo que exige el 31), y yo dejo al arbitrio de los constructores la eleccion del método e les parezca ménos complicado.

El trazar ahora por mi método la direccion que deben tener las ntas de las dovelas con toda exactitud, y sin recurrir á ningun tan- o, es lo mas sencillo que se puede discurrir. Sea *mn* (fig. 62) la por- on de arco que deba ocupar una dovela cualquiera. Tírense desde el nto *m* las líneas *mF* y *mF'* á los dos focus; divídase el ángulo *nF'* en dos partes iguales por la línea *mk*, y su prolongacion *ml* presentará exactamente la direccion de la junta de la espresada do- la; tírense por *n* dos rectas á los mismos focus *F* y *F'*; divídase dos partes iguales el ángulo *FnF'* con la línea *nh*; y su prolon- cion *ni* representará la direccion de la junta de la dovela corres- ndiente á dicho estremo *n*. Y tomando *ml* y *ni* de la longitud que venga segun la naturaleza del caso, se tendrá enteramente descrita figura exacta de la dovela, del tamaño mismo que deba tener, se- n lo exijan las demas circunstancias.

34 He aquí, pues, con cuanta sencillez se allana esta gran di- ultad, que hasta ahora se ha encontrado en la práctica; y para vencernos de que el método, que acabamos de manifestar, es exac- y no presenta nada incierto, vago, ni arbitrario, basta observar e segun lo demostrado (§ 53) de dicha Memoria, el radio de cur- ura es perpendicular á la tangente en el punto de contacto; y que por espuesto (§ 258 II T. E.) la perpendicular á la tangente en el es- ado punto de contacto de una elipse, queda trazada *dividiendo en partes iguales el ángulo que forman las dos líneas que del cionado punto se tiren á los dos focus.*

35 Para no dejar nada que desear, en esta parte, vamos á eje- ar la construccion en grande, y detallada, de una bóveda *rebaja-* de una bóveda *peraltada.* Para la bóveda rebajada, elegirémos ue lo sea mas que la del arco del puente de Neuilly, y será ajada al sesto; es decir, que la parte *CO* (fig. 63), que es lo que

se llama la sagita, flecha ó altura, y es el semi-eje menor de la elipse que vamos á construir, sea la sesta parte de la línea *BA*, que es la luz ó abertura del arco, y representa el eje mayor de dicha elipse.

Para la peraltada, elegirémos el caso en que la altura *OA* (fig. 65) sea igual con vez y media la semi-luz ó semi-abertura *OD*; lo que da, para la relacion de los ejes *AB*, *CD* de la elipse, la de 3 : 2.

36 Pero ántes, con el fin de que se patentice aun mas, que en los métodos prácticos de la ejecucion de las ansas, se hallan dificultades, que desaparecen por el nuestro, debemos observar que el mismo *Mr. Gauthey*, dice:

Pág. 252. "Cuando se trazan en grande las montéas de los arcos de los puentes, no es posible, sino para la parte próxima á los arranques, emplear compas de varas para trazar los arcos de que se componen. Se principia entónces por fijar los estremos de cada uno de estos arcos, cuyas coordenadas se han calculado de antemano; y se acaban de describir por medio de dos reglas ensambladas sólidamente, de modo que formen un ángulo cuyo suplemento sea igual á la mitad del arco; se hace mover este ángulo de modo que sus lados pasen siempre por los puntos estremos del arco, y su vértice da los puntos intermedios."

37 En nuestro método no se presenta ninguna de estas dificultades. Antes por el contrario, mientras mas en grande sea la elipse, que se haya de construir, con mas exactitud resultará trazada por el movimiento continuo denominado *vuelta de cordel*; y para no omitir nada que pueda conducir al acierto, indicarémos las precauciones que se necesitan tomar al trazarla.

Ante todas cosas, es necesario proporcionarse un plano del tamaño que haya de tener el arco, ya sea una tabla, ya la pared ó piso de un aposento, ya un patio, jardin ó campo cualquiera, lo cual tambien se necesita para el método de las ansas.

Cuando la elipse deba ser muy grande, lo que se presenta desde luego como mas sencillo y adecuado, es proporcionarse en el campo una superficie plana del tamaño que convenga por el procedimiento con que se hacen las eras provisionales para trillar. Los dos punteros ó punzones que se clavan en los puntos fijos, llamados *focus*, convendría que fuesen redondeados y del menor grueso posible; que los dos estremos de la cuerda no se forme nudo, sinó una lazada pueda girar libremente al rededor; que la cuerda sea lo ménos estensible que ser pueda, y que la persona que lleve el punzon ó punta,

ha de trazar la elipse, tenga igualmente tirante la cuerda y
pre vertical el punzon. Podrían hacerse exprofeso estos punzones,
odo que tuviesen una rodaja para que pasase mas fácilmente la
la; pero en general basta lo espuesto, y que se trace la vuelta
ordel por una persona que esté algo ejercitada en esta operacion.

3 Sentado esto, para trazar la montéa necesaria en la construc-
de nuestro arco elíptico *rebajado al sesto*, se procederá del
siguiente. En medio del terreno se trazará una línea recta BA
magnitud que deba tener el eje mayor. Uno de los métodos mas
los para trazar sobre el terreno una línea recta exacta es el que
los aserradores, estendiendo una cuerda cubierta con almagre,
ndola por en medio, y despues soltarla de repente: con lo que el
que da en el madero ó suelo deja trazada una línea encarnada
recta; y este podría ser un medio para señalar la direccion de
ro eje mayor.

Ejecutado esto, se tomará en dicha recta indefinida una parte
de la magnitud que deba tener el eje mayor; se dividirá en dos
s iguales, y el punto medio O será el centro. Y si se quisiese
r la division de esta recta en dos partes iguales, se tomará
luego por centro un punto cualquiera O hácia el medio de la
indefinida trazada; y á derecha é izquierda de dicho punto,
na distancia igual á la mitad del eje mayor, se fijarán sus
s estremos A y B. En el punto O se deberá levantar una per-
icular por cualquiera de las construcciones (§§ 276, 483 y 484
, y se tomará en ella una porcion OC igual á la sesta parte de
A; con lo que se tendrá el punto C, mas alto del arco. Despues
rá centro en este punto C, y con una distancia, ó radio igual
OB mitad del eje mayor AB, se señalarán en este los puntos
F y F' que son los que hemos dicho se llaman *focus* de la elipse.
stos dos puntos F y F' se clavarán dos punzones ó punteros,
mientras mas delgados sean, con mas exactitud quedará traza-
curva. Despues, tomarémos una cuerda que convendrá sea bien
le, pero inestensible; y podrá servir un bramante, que será opor-
que ya sea usado, ó tenerlo ántes estendido, ya colgando de él
peso, ó haciéndole dar una ó dos vueltas á puntos ú objetos
disten algo, á fin de quitarle la propension á enroscarse, que
cuando se deslía del ovillo. Se hará en uno de sus estremos una
la, y en el otro estremo se procurará hacer otra, de modo que
stancia de la parte interior del estremo de la una lazada, á la
otra, sea exactamente igual al eje mayor AB, ó con mas exac-

l eje mayor y ademas el grueso de uno de los punzone
suma de las verdaderas distancias de un punto cualqu
va á los centros de los punzones, sea igual exactament
mayor, y no esté disminuida en cada focus de una m
al radio del punzon.

uestas las lazadas de modo que comprendan dentro á l
fijos, con otro punzon ó puntero se mantiene bien ti
principiando por *B*, y yendo separando el punzon ó
línea *AB*, conservándole siempre bien perpendicular
las dos partes del hilo estén igualmente tirantes, al l
A quedará trazada la semielipse *BCA*, siendo la posi
n ó puntero móvil, en cualquiera de sus puntos, la mi
resenta en *M* (fig. 62).

Ahora, en la construccion regular y ordinaria, de lo
s de formar una curva como esta, con diferentes porci
que deben ser en número impar, á fin de que haya u
la parte superior ó del medio, á la cual se le caracte
bre de *clave*, y es la que las sujeta á todas; las inme
por uno y otro lado reciben el nombre de *contraclaves*;
en en los estremos *A* y *B* del arco, se denominan *almo*
eres, y todas las demas se llaman *dovelas*. La forma
er la de una porcion de cuña; y el esmero del constructo
marlas con tal exactitud, que ajusten bien las unas con l

cus F y F' dos líneas $1F$ y $1F'$, y se dividirá el ángulo $F1F'$ en
s partes iguales por medio de la línea $1d$, que por lo interior de
curva señalamos de puntos, y en la parte esterior señalamos como
nea viva, porque es la que representa la verdadera direccion que
ebe tener la junta de la dovela. Aunque la division de un ángulo en
os partes iguales es de las primeras y mas sencillas operaciones de
Geometría elemental, y en nuestro compendio, es el segundo pro-
lema que resolvemos (§ 264 IC), sin embargo, para no omitir nin-
un detalle, presentamos en la misma (fig. 63) toda la construccion,
e hay que hacer, y se reduce á lo siguiente.

Haciendo centro en 1 con un radio cualquiera trazarémos un ar-
desde la línea $1F$ prolongada hasta la línea $1F'$ que señalamos
n el número $1'$, esto es, señalamos con el mismo número 1 con un
ento el punto en que el arco mencionado corta á las espresadas lí-
as. Haciendo centro en estos puntos $1'$, y con un radio cualquiera,
trazan otros dos arcos que se crucen, como señalamos con $1''$, es-
es, con el mismo número 1 con dos acentos, para que todo lo
rrespondiente á cada punto se distinga con facilidad; y por el pun-
$1''$ de interseccion de estos dos arquitos, y el punto señalado 1 en
curva, tirarémos la recta $1d$, que expresará exactamente la di-
ccion de la junta del salmer correspondiente al arranque B con
primera dovela. Prolongamos esta línea con puntos por lo inte-
or, para que se presente á los sentidos, que divide efectivamente
dos partes iguales al ángulo $F1F'$.

Para trazar la direccion de la junta de la 2.ª dovela, ó sea la
imera despues del salmer, con su inmediata, tirarémos desde el
nto 2 las líneas $2F$ y $2F'$ á los focus, que son los que se llaman
dios vectores; y dividirémos el ángulo $F2F'$ en dos partes igua-
s por medio de la $2d$, que tambien señalamos de puntos por lo
terior con el mismo objeto; y la parte efectiva $2d$ representa la
reccion de la junta de las mencionadas dovelas.

El modo de practicar la division del ángulo $F2F'$ en dos par-
s iguales tambien está manifiesto en la figura; reduciéndose á lo
ue sigue. Haciendo centro en el punto 2, con un radio cualquiera,
trazará un arco, desde la prolongacion de $2F$ hasta $2F'$, cuyos
ntos de concurso del arco con dichas rectas señalamos con $2'$ esto
, con el mismo número 2 con un acento. Haciendo centro en di-
hos puntos de concurso, y con un radio cualquiera, se trazarán
os arcos que se corten, los que señalamos tambien por $2''$; y ti-
ando una recta por este punto $2''$ y el punto 2 señalado en la

curva, la parte 2*d* representará la direccion de la junta de la 2.ª dovela con la tercera. La misma construccion se repite hasta determinar la direccion de la junta de la clave 14 *C* 15 con la contraclave de la izquierda; pues las demas son iguales á sus homólogas del lado de la derecha.

Con lo cual, solo falta señalar la longitud que hayan de tener las dovelas con arreglo al caso de que se trate; y trazando en un papel, carton, tabla ó listones unidos la figura de cada dovela, se tiene lo que se llama la *plantilla*, por la cual se han de labrar las piedras; y dándosela al cantero, su trabajo debe reducirse á ejecutar el corte de la piedra, de modo que represente con toda exactitud la espresada figura. El cantero deberá ejecutar dos dovelas iguales á cada figura que se le dé, escepto para la clave que no tiene compañera.

En el caso de que, por ser muy rebajada la curva, sea poco sensible la diferencia entre el grueso de la clave por el *intrados* y el de la misma clave por el *estrados*, que es la parte esterior, para mayor seguridad se puede usar de uno de estos medios. O hacer bien sea la clave sola, ó bien la clave y las dos contraclaves mas prolongadas, para que presenten una cuña mayor; ó hacer en las contraclaves unas concavidades interiores, iguales á los resaltos que se dejen en los costados de la clave, presentando entónces la clave, vista en planta, una especie de cruz, como se ve en la (fig. 64), que espresa la disposicion que en este caso presentará la union de la clave con las contraclaves.

4o Pasemos á ejecutar lo mismo respecto del arco elíptico peraltado. En este caso, el eje mayor de la elipse ha de ser vertical, y como la razon de los ejes *AB*, *CD* es la de 3 á 2; tirarémos, como en el caso anterior, la línea *AB* (fig. 65); elegido el centro, por ejemplo en *O*, tomarémos las *OA* y *OB* iguales á la magnitud correspondiente á la mitad del eje mayor. En el punto *O*, tirarémos una perpendicular *COD*, que prolongarémos por ambos lados y tomarémos las partes *OD*, *OC* iguales á la dimension que deba tener el semi-eje menor, que, como ya hemos espresado, será los dos tercios de *AO*; y tendrémos que los puntos *D* y *C* serán los arranques de la bóveda ó arco, y el punto *A* será el vértice ó punto mas alto, que corresponderá á la clave. Despues, haciendo centro en *D* ó en *C* con un radio igual al semi-eje mayor *AO*, se señalarán en dicho eje mayor los dos focus *F* y *F'*. Se clavarán en ellos los dos punzones ó *punteros*; se introducirán las lazadas hechas al estremo de una

cuerda, como hemos dicho en la construccion anterior, y en que la distancia de la parte interior del estremo de una lazada á la otra sea igual con toda la longitud del eje mayor AB, ó con dicha longitud aumentada en el diámetro de un punzon. Hecho esto, tómese un nuevo punzon con el cual se estirará la cuerda haciendo que su punta se ajuste precisamente en A; en cuyo caso si la parte mas larga de la cuerda, se halla hácia la derecha, se va moviendo el punzon con igualdad desde A hácia D, conservándole siempre la posicion vertical é igualmente estirado el hilo, y quedará trazado el cuadrante de elipse AD. Para trazar el otro cuadrante AC, es preciso colocar el punzon móvil tambien en A entre las dos porciones del cordon, pero de modo que la mas larga quede á la izquierda. Se hace girar el punzon móvil teniendo siempre una posicion vertical, y haciendo que el cordon se halle igualmente tirante, con lo cual quedará descrito el otro cuadrante AC.

Para trazar la direccion de las juntas de las dovelas, se hace la misma construccion que antes, segun se ve en la espresada (fig. 65); mas para mayor claridad, esplicarémos la del primer salmer correspondiente al arranque D, y la última correspondiente á la clave. Aquí hemos supuesto que las dovelas son 21, y que el arco que cada una comprenda sea la parte que hay desde D á 1; la de 1 á 2; la de 2 á 3.....la de 10 á 11.

Para trazar la direccion de la junta correspondiente al punto 1, se tirarán desde dicho punto á los focus F, F' las líneas $1F$ y $1F'$. Haciendo centro en 1 con un radio cualquiera, se trazará un arco desde una de dichas líneas á la otra, cuyos puntos de concurso señalamos con $1'$ en ambas. Desde estos puntos, con un radio cualquiera, se trazarán dos arcos que se corten en un punto que designamos por $1''$; y tirando una recta por el punto de interseccion $1''$ de estos arcos y el punto 1 de la curva, la parte $1d$ es la direccion de la junta del salmer correspondiente á D y de la primera dovela: prolongamos de puntos por lo interior dicha direccion, para que se vea palpablemente que divide en dos partes iguales al ángulo $F1F'$.

Para trazar la direccion de la junta de la clave, con la contraclave de la izquierda, se tirarán desde el punto 11 las rectas $11F$ y $11F'$. Haciendo centro en 11 con un radio cualquiera, pero bastante largo para que corte á las prolongaciones de las $11F$ y $11F'$ donde no hagan confusa la figura, señalarémos con $11'$ los puntos en que el arco encuentre á dichas prolongaciones; y haciendo centro en estos puntos, y con un radio cualquiera, trazarémos dos arcos

n, y que señalamos con 11''; por el punto 11'' donde
tos arcos y el punto 11 de la curva, tirarémos la 11*d*,
á la direccion de la junta que buscábamos; y la pro-
puntos, por lo interior, manifiesta que dicha direccion
ecto en dos partes iguales al ángulo *F*11*F'*.
procurado darnos á entender lo suficiente; y no habien-
ra nuestro procedimiento de otros principios que los re-
or todos como verdaderos, nos parece haber conseguido
y exactitud que eran tan necesarias en este importan-

el capítulo 3.° trata *Mr. Gauthey* del espesor ó grueso
dar á las bóvedas de los puentes, y dice así:
es de haber determinado la curvatura de los arcos, la
stion, que se presenta, es la del grueso de las bóvedas
; pues que dicho grueso determina la magnitud y direc-
puge, y por consiguiente la fuerza que deben aguantar
Las obras de los antiguos, y aun las de los modernos
e este objeto muy grandes diferencias. Muchos construc-
ntentado sin embargo, someterla á reglas precisas; mas
fundaron en principios ciertos y sensibles, cada uno se
utorizado para no sujetarse á seguirlas exactamente. Va-
ner primero en pocas palabras las mas conocidas,

que segun *Gauthier* deberían tener 2,6 metros (9,3 pies españoles).

»El Arquitecto *Boffrand* ha formado tablas para el mismo objeto; ellas indican en general gruesos aun mayores que los de *Gauthier*, y por consiguiente no merecen mas confianza.

»En las obras del célebre *Perronet* se halla una regla que consiste en *dar á la bóveda en la clave la vigésima cuarta parte de la luz ó abertura, á la cual se añaden* 325 *milímetros* (1 pie esp.), *y de lo cual se quita* $\frac{1}{144}$ *de dicha luz ó abertura.*

»Esta regla va conforme con los gruesos adoptados en los puentes conocidos, principalmente para los de medio punto; y algunos otros arcos ejecutados parecen solamente indicar, que la regla da gruesos demasiado grandes, cuando la abertura es superior á 30 metros (107 pies esp.)

»Pasamos en silencio las investigaciones analíticas, en virtud de las cuales, muchos Sabios han procurado determinar estos gruesos. Se verá en el capítulo siguiente que sus resultados en general son poco susceptibles de aplicarse á la práctica.

»Parece, pues, que para fijar el grueso de una bóveda, es necesario tener principalmente en consideracion la naturaleza de los materiales de que se compone, y el método de construccion que se emplée.

»Cuando se haya visto, en el capítulo siguiente, cuales son los efectos que se manifiestan en las bóvedas despues de su construccion, no quedará duda de que si una bóveda estuviese compuesta de materiales incompresibles, no podrá tomar movimiento, sinó en tanto que las partes resistentes no tuviesen bastante masa para sostener el esfuerzo de las partes que obran; ó si se quiere, sinó en tanto que sus estribos no fuesen suficientemente gruesos para resistir al empuge de la bóveda. La piedra de sillería pudiendo considerarse en realidad como sensiblemente incompresible, se ve que si las dovelas estuvieran colocadas las unas sobre las otras, sin cuñas, ni morteros ó argamasas, y que la bóveda no pudiese tener absolutamente ningun descenso, bastaría para sostenerse, que los estribos tuviesen un grueso conveniente, y que la altura de la clave fuese bastante grande para que la piedra no se abriese ó rompiese por causa de la presion que tendría que sufrir.

»La longitud de la clave se hallaría pues determinada, cuando se conociese la presion horizontal que las dos semi-bóvedas ejercen la una contra la otra, y la resistencia de la piedra de que están construidas; bastaría *tener en consideracion* los choques á que se hallan

s bóvedas en razon del movimiento de los carruages,
onerse á dar un grueso demasiado débil, principalmente
das de un pequeño diámetro, donde la presion es poc

calcula en esta hipótesis el espesor ó grueso que podrí
lave de los arcos mas atrevidos, se hallan cantidade
es á las que se han fijado por sus constructores. Para e
euilly, la presion horizontal que la clave sostiene, sobr
longitud, es sobre poco mas ó ménos, de 141000 qui
06449 libras esp.), suponiendo que la bóveda está com
iedra de *Saillancourt*, de calidad media, de que el metr
2261 quilógramas (4914 libras esp.). Un cubo de est
centímetros (2 pulgadas esp.) de lado, estalla bajo u
4 quilógramas (7107 libras esp.); pero como no se pu
frir á las piedras sinó un peso inferior al tercio de aqu
estallan en los esperimentos, se supondrá que la pied
urt solo puede sostener 1000 quilógramas (2173 libr
na superficie de 25 centímetros cuadrados (4,6 pulg
as esp.); en virtud de esto, la altura de la clave ser
ímetros (1 pie esp.), mientras que en la ejecucion es
os (6 pies esp.).
arco de 48,73 metros (175 pies esp.) proyectado par
rmado de un solo arco de 65 metros de radio (233 pi

llegarían á ejecutar puentes mucho mas atrevidos y mas ligeros que todos los que han sido construidos hasta ahora.

»Sin embargo, la alteracion que las piedras sufren por efecto del tiempo, así como las imperfecciones inevitables en la ejecucion de las dovelas, se opondrían á que se redujesen las claves de los puentes á los espesores que, segun el cálculo, parece deberles bastar; pues que el menor astillazo podrá disminuir sensiblemente su resistencia, y poner la bóveda en riesgo de desplomarse. Pero el uso de ponerlas sobre cuñas ó alzas parece ser la principal causa de la gran diferencia que se halla entre los gruesos indicados por la fuerza de la piedra y los que se dan ordinariamente.

»En efecto, las cuñas ó alzas, ántes de la entera desecacion de los morteros ó argamasas, son casi el solo intermedio por el cual las dovelas se sostienen las unas con las otras, donde se ve que la superficie resistente, no es ya la superficie entera del plano de union, sinó que está reducida á la de las cuñas ó alzas; y en virtud de esto, parece que se podría, aplicándole el cálculo precedente, determinar el grueso de la dovela, de modo que la superficie de las cuñas sobre que se coloca, fuese bastante grande para que las partes correspondientes de la piedra pudiesen resistir á la presion. Pero es necesario observar, que la resistencia de la piedra no se podría valuar en este caso, por los esperimentos conocidos, que se han hecho con pequeños cubos aislados.

»Tambien debe notarse que el asiento vertical de una bóveda, o es, lo que baja por efecto de secarse los materiales, es, á igualdad de circunstancias, tanto mayor, cuanto su clave es ménos grueso, y este asiento es tanto mayor, cuanto la curva es mas rebajada.

»Se vé, pues, que comparando la longitud de la clave con la que debería tener para resistir solo á la presion á que está espuesta, se aumenta el valor del asiento vertical (es decir, que baja mas la clave por la espresada desecacion de los materiales); pero como habiendo esta reduccion, se puede disminuir la masa de la bóveda y por consiguiente el valor mismo de esta presion, se puede hacer que las juntas estando entónces ménos comprimidas, su estrechamiento llega á ser ménos considerable, y que estos dos efectos se compensen en parte mutuamente. El cálculo no puede enseñar nada preciso sobre este asunto, porque no se sabe cual es el encogimiento * de las juntas con relacion á las diferentes presiones á que están espuestas.

* Pero si se hiciesen los correspondientes esperimentos, el calculo daria con una exactitud maravillosa todos estos resultados, que se ponderan por imposibles.

No parece, en virtud de lo espuesto, que se pueda es
dia ninguna regla para fijar el espesor ó grueso de las
puentes, cuya cuestion por otra parte no parece susce
olucion general, pues que depende evidentemente de la
le los materiales y del género de construccion que se a
s dovelas estuvieran situadas del modo que las coloc
nos, y que las juntas estuviesen bien labradas, habrí
ariedad: se podría suponer entónces que las bóvedas no
ningun movimiento despues de su construccion, y bastar
r en consideracion la fuerza de la piedra, y la alterac
nos grande que es susceptible de recibir por efecto del t
gradaciones accidentales. Pero en el método casi univer
do, el cálculo no se puede aplicar, á falta de esperim
los elementos que se debe hacer entrar en ellos **. Es n
limitarse á deducir de los ejemplos que nos han sum
onstructores mas atrevidos las reglas, en virtud de la
uno guiarse sobre este asunto.

Se ha visto, que el grueso de una bóveda dependía p
e de la presion horizontal que su clave debe sostener, y d
rtical que esta bóveda debe tomar, con relacion á esta
dos cosas dependen en sí mismas de la masa ó mole
la está destinada á sostener, y del rebajamiento del vé
comprendido entre los puntos de rotura; y es evident

INDICACION DE LOS PUENTES.	Relacion de la flecha ó sagita	Relacion del espesor ó grueso
	A la cuerda del arco comprendido entre los puntos de rotura.	
Puente de Nemours sobre el Loing.	0,055	0,080
Puente de Pont-Sainte-Maxence. .	0,083	0,062
Puente de Neuilly.	0,131	0,048
Puente de mármol en Florencia. .	0,215	0,038
Puente de Vieille-Brionde.	0,307	0,031

»Se ve que la relacion del grueso de la bóveda á la cuerda del o, comprendido entre los puntos de rotura, disminuye á medida e la sagita del mismo arco aumenta, y que esta disminucion se ce bastante regularmente. Será fácil por medio de esta tabla, deminar el grueso que será necesario dar á la bóveda del puente que proyecta, no perdiendo de vista las circunstancias que influyen esariamente sobre determinaciones semejantes, tales como la calil de la piedra, el modo de construccion y el cuidado con que la a podrá ser vigilada, &c., &c. Es necesario observar tambien que, ningun caso debe ser este grueso menor que de 30 á 40 centítros (1 á 1½ pies esp.)."

42 A continuacion de este capítulo, pone *Mr. Navier* una nota re el modo de valuar la resistencia de la piedra, que empieza así:

Pág. 267 "La resistencia de la piedra puede ser considerada de chas maneras diferentes. Se puede preguntar: 1.° cuál será el peque una piedra empotrada por uno de sus estremos podrá sostener el otro; 2.° suponiéndola puesta entre dos superficies horizontales, é peso podrá sostener sin romperse por la carga; 3.° suponiéna sostenida verticalmente por la parte superior, qué peso se podrá pender en el estremo inferior sin obligar á la piedra á romperse *.

»Es raro que, en la disposicion de los edificios, se carguen gran- pesos en los estremos de las piedras; sucede siempre al contrario, en la construccion de los puntos de apoyo, ya en la de las bóves, que las piedras se hallan comprimidas entre dos superficies pa-

* Para el objeto que nos proponemos en esta obra, sería tambien de mayor importancia el indagar la presion lateral que podría sufrir una edra colocada horizontal ó verticalmente para sostener el empuge de líquido.

ralelas. Del mismo modo, aunque se hayan hecho algunos esperimentos sobre la resistencia de las piedras sostenidas en uno de sus estremos, la investigacion de su fuerza, considerada bajo este punto de vista, apenas se ha principiado, mientras que se puede mirar actualmente la investigacion de la resistencia de las piedras colocadas de plano, si no como enteramente completa, al ménos como muy adelantada.

»No ha mucho tiempo, que se ha tratado de dar á conocer el peso que las piedras son capaces de sostener; y si se considera el grande espesor que los antiguos han dado por todas partes á los puntos de apoyo de sus edificios, será preciso creer que tenían poca idéa de la resistencia de los materiales que empleaban. La valentía de los Arquitectos de la edad media, que han hecho algunas veces apoyar masas considerables sobre columnas muy delgadas y muy altas, debería por el contrario, hacer pensar que habían estudiado bajo esta relacion, la propiedad de las piedras. Pero no ha quedado ningun rastro de las investigaciones que han podido hacer, y segun el estado de las ciencias en los siglos bárbaros, en que vivieron, es mas natural creer que procurando con poca reflexion, escederse en ligereza los unos á los otros, estos Arquitectos han llegado á límites que hubiera sido posible traspasar aun.....

»Las discusiones á que dió orígen la cúpula de la Iglesia de Santa Genoveva en París, han proporcionado la ocasion de las primeras investigaciones sobre la resistencia de las piedras."

43 Siguen despues en el Autor los esperimentos y tablas de sus resultados; creemos que ambas cosas son de gran utilidad para los Franceses; mas para nosotros no lo son tanto, pues que, hablando con todo rigor, no sirven las consecuencias y datos que se tomen de los materiales de fuera de España, ya porque no nos surtimos de aquellas canteras, y ya tambien porque en una misma varía la resistencia de las piedras segun son estraidas de la parte inferior, media ó superior.

Para dar una prueba del sólido fundamento con que emitimos esta opinion, basta observar los resultados que se ponen acerca de una misma sustancia, como por ejemplo el *granito*, que entre nosotros se llama *piedra berroqueña*.

En efecto, observando la tabla núm. 2, pág. 292, se advierte que *del granito verde de los Vosges*, cuyo peso específico es 2,854. un cubo de cinco centímetros de lado, se rompe, abre ó estalla por *una* presion de 15487 quilógramas (33661 libras esp.).

Esto equivale á que un cubo de poco mas de 2 pulgadas esp. : lado, estalla bajo un peso de 33661 libras esp.

"El cubo, de las mismas dimensiones, del *granito gris de Bre-ña*, cuyo peso específico es de 2,737 estalló bajo una presion de 6353 quilógramas (35543 libras esp.).

»El de *hoja muerta de los Vosges*, cuyo peso específico es de 664 estalló bajo la de 20482 quilógramas (44518 libras esp.).

»El cubo de las mismas dimensiones, del *granito de Norman-*, cuyo peso específico es de 2,662, estalló bajo una presion de 555 quilógramas (38156 libras esp.).

»El de otro *granito*, llamado del *campo de Boul*, cuyo peso ecífico es de 2,643 estalló bajo una presion de 20441 quilógra-s (44429 libras esp.).

»El de *granito rosa oriental*, cuyo peso específico es 2,662 alló bajo una de 22004 quilógramas (47826 libras esp.).

»El de *granito gris de los Vosges*, cuyo peso específico es 2,640 o la de 10581 quilógramas (22998 libras esp.)."

Estas diferencias en las resistencias son demasiado considerables a poder inferir nada por analogía respecto de nuestro pais. Sin bargo, segun el aspecto esterior del granito ó piedra *berroqueña*, se usa en Madrid, me parece que tiene visos de resistir mas que que acabamos de citar. Por otra parte, nuestra piedra llamada *Colmenar*, porque se estrae de la cantera de Colmenar de Oreja *, iste mejor que la que se usa en París en las construcciones; mas r otra parte la de París reteniendo por mas tiempo el agua de ntera, se trabaja con mucha facilidad.

44 En la misma nota pág. 272 dice *Mr. Navier*: "Es igual-nte importante notar que en los esperimentos en que se aumentaba

* Esta cantera consta de siete bancos ó capas, que entre todos tienen grueso de quince pies: el banco mas grueso tiene unos seis pies. Los ncos ó capas no son igualmante gruesos en toda su estension; pero to-s juntos no componen mas de los 15 pies: de manera, que si el banco ó pa de mayor grosor, en vez de ser de seis pies fuese de siete, entónces el ueso de los demas y con especialidad el de los inmediatos sería menor, á de que entre todos compongan los 15 pies. La piedra de Colmenar re-te mucho; pero como su testura es astillosa, conviene usarla donde nga redondeadas las esquinas. La piedra berroqueña, cuando abunda de ca, no es la mas á propósito para las partes de los edificios espuestas á humedad; pues esta la descompone, originando oquedades que ocasio-n al cabo de tiempo su destruccion. Tal vez por esta causa se ha coloca-o la de Colmenar en las partes inferiores de la galería en la plaza del sur el Real Palacio de Madrid.

sucesivamente la presion, á que las piedras estaban sometidas, la mayor parte han manifestado leves hendeduras, ántes de estar cargadas con todo el peso que ha sido necesario para que se rompan ó abran enteramente. Dejando obrar la carga durante uno ó dos dias, la piedra estallaba entónces bajo un peso ménos considerable. Así, no es posible en las construcciones, suponer la resistencia de las piedras igual á la indicada en las tablas que contienen los pesos bajo los cuales estallan ó se rompen; y parece aun que dándoles el tercio de esta fuerza, como se ha hecho en el testo, se corrian todavía riesgos en muchos casos.

»Se puede, sin embargo, observar sobre este asunto, que masas de piedra, como las que se emplean en las construcciones deben ofrecer una resistencia específica mayor que los cubos aislados de cinco centímetros, sobre que se han hecho los esperimentos, y por consiguiente que no puede haber ningun peligro en hacerles sostener el tercio del peso bajo el cual estos cubos han estallado."

45 De los esperimentos hechos (tabla de la pág. 293) sobre la resistencia de la piedra, á diferentes profundidades de la cantera, resulta que los cubos de en medio resisten mas que los superiores y que los inferiores; que en el medio se observa generalmente mayor peso específico, aunque no siempre.

No parece fuera del caso advertir, que para minorar el peso de las bóvedas, sin disminuir su resistencia, ó acaso aumentándola, se ha ideado en estos últimos tiempos hacerlas con *ladrillos huecos*, en vez de piedra. Lo cual es muy ventajoso segun tiene acreditado la esperiencia, y yo lo he presenciado en el Arsenal de *Toulon*, que todo él está hecho de bóveda á prueba de bomba con estos ladrillos, sin que se tenga nada que recelar por los incendios; pues en todos aquellos hermosos edificios no se ha empleado madera alguna. Yo vi hacer los espresados ladrillos y tengo las noticias y datos convenientes para poderlos ejecutar en caso necesario.

46 El capítulo IV trata del espesor, que se debe dar á los pilares, machones ó pilas de los puentes, y principia así:

Pág. 299 "Se ha reservado para este capítulo el desarrollo de la teoría de las bóvedas en *cañon seguido*, porque esta cuestion es la mas importante de todas las que se pueden resolver por esta teoría. Pero ántes de manifestarla, vamos á indicar las principales investigaciones á que ha dado lugar." La seccion 1.ª contiene *la teoría de las bóvedas y observaciones en que se fundan*. Principia así: "*Perronet* ha hecho en sus obras la descripcion de los movimientos que se

n manifestado en las grandes bóvedas de cuya construccion estu- encargado.

»Estos mismos esperimentos se han repetido por *Boistard*'.

47 Hace aplicaciones de dicha teoría al espesor de los estri- s, y en la pág. 323 dice:

"La tabla siguiente contiene los resultados de este cálculo pa- las bóvedas mas frecuentemente usadas. Se ha supuesto que la ertura de estos arcos era de 20 metros (71,78 pies esp.); que espesor en la clave era de 1 metro (3,5889 pies esp.), y que parte superior estaba estradosada y á nivel.

INDICACION DE LAS ESPECIES DE BÓVEDAS.	Espesor de los estribos. Metros.	Posicion de los puntos de rotura. Grados (decimales).
edio punto.	0,45	30
nsa de panier rebajada al tercio.	0,66	50
. rebajada al cuarto.	0,82	60
rco de círculo de un sesto de la circunferencia levantado sobre pies derechos de 5 metros de altura. .	2,95	0

Nota. "Los números de grados comprendidos en la tercera co- mna están contados partiendo de los arranques, y sobre el pequeño co en las ansas de panier, descritas con tres arcos iguales, cada o al sesto de la circunferencia.

48 Despues pág. 327 dice: »Acerca del rozamiento, *Mr. Bois- rd* ha procurado determinar sus efectos, y ha encontrado que *la lacion del rozamiento á la presion era constante*; y que toman- el mas pequeño valor dado por los esperimentos, *esta relacion ra una piedra labrada á cincel resbalando sobre una piedra se- ejante, ó lo que sobre poco mas ó ménos es lo mismo, sobre una perficie de mezcla, endurecida al aire, era igual á* 0,76 *ó rca de cuatro quintos.*

Considerando el equilibrio de las bóvedas bajo este nuevo punto e vista, se halla para los estribos, espesores diferentes de los que staban indicados en la tabla anterior.....y deduce que: "Suponien- o el peso de la albañilería de 2600 quilógramas por metro cúbico."

Nota. » Los números de la t
como en la primera tabla.
49 En la pág. 331 pone

Tabla de comparacion para el e
veda de 20 metros de abert
Autores.

Indicacion de las especies de bóvedas.	Espe halla por G. thie
	Me
Medio punto.	5,4
Ansa de panier rebajada al tercio.	
Ansa de panier rebajada al cuarto.	
Arco de círculo de un sesto de la circunferencia elevado sobre pies derechos de	

ha relacion es 3,68, segun Pollin 8,77, segun Rondelet 10,98 un Gauthey 5,81. La relacion media entre estas cuatro relaciones 7,31.

50 En la pág. 339 hay una nota sobre *la fuerza de adheren- de las mezclas de cal y arena, y acerca de la relacion que ne el rozamiento con la presion para las piedras que resbalan ts sobre otras.* El párrafo 1.° contiene los esperimentos sobre la erencia de las mezclas. Pone muchos esperimentos citando á *Bois- d*, cuyos resultados omitimos por las razones dadas (25).

51 El párrafo segundo, pág. 343 contiene los *esperimentos so- el rozamiento de las piedras que resbalan unas sobre otras* y resulta que el *rozamiento* es proporcional *á la presion*, y *que nas ó ménos áspero de las superficies, influye poco sobre el va- de este rozamiento, que es siempre igual á los cuatro quintos la presion.*

52 El capítulo quinto trata del espesor y de la forma de los chones ó pilares de los puentes. En la seccion 1.ª trata del espe- ; y dice así:

Pág. 345 "Los machones de los puentes pueden considerarse dos puntos de vista esenciales: se pueden considerar como des- dos á sostener el peso de los arcos, ó á servir de estribos y re- ir el empuge de las bóvedas.

»En las obras antiguas, los machones tienen siempre espesores siderables..... Los puentes construidos en la edad media están sos- dos, como los puentes antiguos, por machones mas gruesos aun lo que sería necesario para ejercer la funcion de estribos.

»Cuando los Ingenieros sometieron al cálculo el empuge de las edas, y determinaron segun la hipótesis de la Hire, el espesor esario á los estribos, creyeron que los machones debían tener este mo espesor; y en virtud de este principio, se han proyectado la yor parte de los grandes puentes construidos en el último siglo, en Francia, ya en los demas paises de Europa.....

»Pero cuando se han construido al fin del último siglo, grandes edas en *ansa de panier* muy rebajadas, y arcos de medio punto un gran radio, ha sido preciso renunciar á la ley que se había ptado de dar á las pilas ó machones el espesor necesario para re- ir el empuge de los arcos. Si se hubiera continuado ciñéndose á uso, hubiera sido necesario construir machones enormes, que al nveniente de dar á la obra un aspecto estremadamente pesado, bieran reunido otros mas importantes aun, á saber, los de origi-

nar gastos considerables, y de obstruir mucho la salida ó paso del agua.

» Este último defecto da efectivamente lugar á la principal objecion que se hace contra los machones gruesos. La resistencia que un machon opone á la corriente y la contraccion que le hace padecer, dependen en gran parte del ancho de este machon; y á igualdad de circunstancias, un puente cuyos machones sean gruesos, estará mas espuesto á socavamientos, que aquel en que sean mas delgados; y será necesario por esta sola razon aumentar la superficie de su salida y por consiguiente su longitud. Pero se puede disminuir la fuerza de esta objecion, observando que cuando las dimensiones de un machon son un poco considerables, es difícil que sea trastornado por una sola crecida; se puede casi siempre detener los progresos de los socavamientos ántes de que hayan venido á ser peligrosos ó perjudiciales. Un machon estrecho no puede gozar de las mismas propiedades, á ménos que no lleve anchos zócalos ó retallos, y entónces la ventaja que ofrece bajo el aspecto económico, se reduce casi á nada.

» Pero si el ligero ahorro que se puede hacer en la fábrica, empleando machones estrechos, es muy poco, y si nó lo hay sobre la fundacion, en razon de los anchos retallos sobre que es conveniente establecerlos, necesitan un aumento considerable en el gasto de las cimbras, porque obligan á encimbrar todos los arcos á un mismo tiempo, mientras que sin esto las maderas empleadas en los dos primeros pueden servir para todos los otros. Este inconveniente es casi siempre muy importante, y lo vendrá á ser mas, cuanto mayor sea la escasez de madera. En los casos aun, en que no hay ningun peligro en hacer descansar los arcos sobre machones muy delgados, como cuando se hallan establecidos sobre la roca y que no se teme que ninguno de ellos puede jamas ser trastornado, el aumento de precio de las cimbras puede obligar á desechar totalmente el empléo de estas pilas y á proscribir por consiguiente los arcos muy rebajados que las exigen absolutamente *. Parece efectivamente que los arcos en arco de círculo ó en ansa de panier muy rebajados, deben siempre ser sostenidos sobre machones poco gruesos, y que una de estas disposiciones lleva consigo la otra. Los inconvenientes que resultan del empléo de machones delgados se unen pues á todas las razones que se oponen á que las bóvedas muy rebajadas se adopten por punto general para la construccion de los puentes, y que parecen

* Esta objecion no tiene tanto peso entre nosotros, porque tenemos mas abundancia de maderas.

robar que no se debe uno servir de estas especies de bóvedas sinó a circunstancias en que sería imposible proceder de otro modo.

»Cuando no se puede dar á todos los machones el espesor que deberían tener, y sin embargo la gran longitud del puente y la naturaleza del terreno dejan algunos temores sobre la solidez de la obra, se puede adoptar una disposicion que disminuya un poco los peligros que resultan de servirse de machones delgados. Se puede dividir el puente en muchas partes, construyendo de espacio en espacio pilares ó machones capaces de sostener el empuge de las bóvedas. Entónces, si un machon intermedio se llega á caer, este acontecimiento produce, es verdad, la ruina de algunos arcos; pero no hay necesidad de volver á construir de nuevo todo el puente."

53 La seccion segunda trata de la forma de los pilares ó machones, y principia así:

Pág. 349 "La forma de los machones, y sobre todo la de los tajamares, es un objeto importante; y que, cuando aquellos son muy delgados, puede influir considerablemente sobre la solidez y la duracion del puente. Cuando esta forma está mal concebida, es efectivamente una de las causas de los socavamientos que se manifiestan, y aumenta la energía de las que pueden proceder de otras partes.

»A primera vista, parece que si la salida de un puente está arreglada, en términos que la relacion marcada por el régimen del rio entre la resistencia del suelo y la velocidad media de la corriente, no se altere mucho, es imposible que sobrevenga ningun socavamiento; lo que sería indudable si la velocidad media se distribuyese uniformemente en toda la masa de las aguas que pasan por debajo del puente. Pero los obstáculos que los machones y los arranques de los arcos oponen á la corriente perjudican á la igual repartizion de la velocidad; y al paso que se forman corrientes particulares muy rápidas, se ve en otros que las aguas dan vueltas y retroceden hácia el parage de donde vienen. Es pues muy importante dar á los machones la forma que sea mas adecuada, para prevenir estos acontecimientos, cuyas consecuencias son mas ó ménos peligrosas.

»En los machones de los puentes antiguos, la base ó planta de los tajamares es por lo comun un semicírculo ó un triángulo rectilíneo; pero los constructores modernos, por lo regular, han redondeado los ángulos formados por los lados de los tajamares y del cuerpo del machon. Se hallan algunos puentes construidos en la edad media, en que no pusieron tajamar alguno, y los machones están termina-

dos paralelamente á los frentes. Esta última disposicion es la mas viciosa de todas.....

»Se sabe que cuando el agua se introduce en un canal mas estrecho, que aquel en que ántes corre, debe aumentarse la velocidad por efecto de lo que mengua la seccion; si la entrada del canal estrecho no tiene la forma embudada, ó contraida, y la seccion disminuye repentinamente, hay entónces una contraccion que causa en la corriente una velocidad mayor de lo que exige el decremento de la seccion. Es pues en estremo importante hacer de modo que aquella contraccion sea lo ménos fuerte posible; y este objeto es tanto mas esencial, cuanto que de este modo se evita la caida que ocasiona á lo largo del machon, y que es la causa de los socavamientos. Con esta mira, hemos procurado comparar los efectos de la contraccion para machones de diversas formas en esperimentos que vamos á presentar.....

»Se ve por estos esperimentos que si las superficies del tajamar están unidas con las del machon por una curva que les sea tangente, y que el agua no suba mas que los arranques de los arcos, no se forma caida á la espalda; y que entónces se originan otras dos corrientes, al lado de las que cubren el machon y que son poco rápidas. En este caso no son de temer los socavamientos; y tanto ménos cuanto las corrientes mas rápidas son las mas distantes del machon. Puede notarse tambien, que el machon elíptico ofrece grandes ventajas sobre todos los otros, y ocasiona una contraccion mucho ménos considerable, porque las corrientes laterales divergen á menores distancias.

»Respecto de los tajamares cuya forma ó planta es triangular, el triángulo equilátero es mucho mas preferible que el triángulo rectángulo que presenta un obstáculo casi de tanta consideracion como el machon rectangular, y es acaso mas peligroso; porque el sitio de la mayor corriente se halla entónces en el ángulo de la espalda, mientras que en el machon rectangular se aleja un poco. Es necesario pues, si se emplean superficies rectilíneas, preferir el triángulo equilátero, cuidando de redondear el ángulo opuesto á la corriente, si se teme por parte de la solidez.

»El tajamar, cuya planta ó forma es un triángulo equilátero mixtilíneo, es preferible á todos los otros. Reune la doble ventaja — producir la menor contraccion posible, y originar los menores socavamientos; y de presentar en el ángulo saliente bastante solidez, puesto que este ángulo se mide por la tercera parte de la circunferencia. El

hon ovalado es el único que ocasiona una contraccion ménos con-
rable, y que puede preferirse bajo este respecto."

Los esperimentos hechos se verificaron en una corriente en que
elocidad era 3,9 metros por segundo; y como los rios adquieren
nas veces mayor velocidad en sus crecientes, se han hecho otros
rimentos dando á la corriente una velocidad de 4,87 metros. Los
es confirman casi en todas sus partes los resultados de los ante-
s. Y despues añade; "Pero conviene no olvidar que los tajama-
tienen tambien por objeto romper los hielos, é impedir que nin-
cuerpo flotante se detenga contra los machones de un puente y
iinuir allí la seccion, lo que propendería necesariamente á oca-
ar socavamientos.

»Los hielos son, en los parages donde la temperatura es la mis-
tanto mas peligrosos, cuanto es mas lento el curso de los rios.
tivamente, en este caso se hielan mas pronto, y los carámbanos
mpanos que han tenido tiempo de adquirir un grueso mas consi-
ble, se desprenden en grandes masas. Es pues muy esencial, so-
todo en este caso, tomar precauciones relativas al objeto que
lan producir y hacer mas agudo el ángulo saliente. Si se teme
parte de la solidez, se le podrá sujetar con fajas de fierro ó de
risma de bronce empotrado en la fábrica.

»La forma de la parte posterior de los tajamares no es tan im-
ante como la de las partes anteriores al machon, y aun vemos
hos puentes antiguos que no los tienen. En este caso, el espacio
debían ocupar, está reemplazado por agua estancada que forma
lino; lo cual conviene precaver. Es pues mas ventajoso construir
arte posterior de los tajamares, á los que se puede dar la mis-
forma que en la parte anterior. Cuando un rio se ha estrechado
un obstáculo, tal como un machon, cuyo efecto es disminuir el
o de álveo, las dos corrientes que se forman á lo largo de sus
, se vuelven á juntar abajo, despues de haber trazado una es-
de triángulo curvilíneo. Se reunen luego despues de haberse pro-
do por cada lado de las caras del tajamar de la parte infe-
y resultan comunmente de esta circunstancia socavamientos tan
entes en la parte de abajo, como en la de arriba de los puentes.
debe empeñar á los constructores, no solo á no suprimir ja-
los tajamares inferiores, sinó tambien á prolongarlos mas de lo
se acostumbra.

»Cuando las aguas se elevan mucho sobre los arranques de los
, la forma del tajamar influye muy poco sobre la naturaleza

de la contraccion, que entónces depende principalmente de la
del arco, y del modo con que el *intrados* de la bóveda está
binado con las caras del tajamar.....

»Los tajamares destinados á dividir las aguas y á rom
hielos deben elevarse hasta el nivel de las mayores crecientes,
lo ménos hasta la altura donde se hacen los deshielos. No ob
se observará que en los arcos de puentes en forma de *ansa de*
y de medio punto, los tajamares disminuyen poco la contraccio
do las aguas suben mucho sobre los arranques; porque los tí
del arco presentan entónces una gran superficie opuesta direct
á la corriente. Los tajamares no sirven mas que para recibir
mer choque de los carámbanos.

»En el último siglo, muchos han escrito de la forma y
de la terminacion de los tajamares. Este objeto no es muy im
te; pero lo es mucho la solidez de su construccion. Las term
nes de los tajamares se destruyen fácilmente, y nacen mucha
en sus junturas plantas que aumentan su destruccion. Se p
rá este inconveniente formándolas con grandes piedras pre
con cuidado."

54 El capítulo 6.º trata de las avenidas de los puente
seccion segunda, *de los muros de revestimiento de las tie*
dice así:

Pág. 371 "Los puentes van casi siempre acompañados
orillas de muros de revestimiento destinados á sostener el em
las tierras; por lo que, hemos juzgado conveniente esponer
principios en virtud de los cuales se establecen los muros
especie. La investigacion de estos principios ha ocupado en
mo siglo á un gran número de Sábios; pero sus teorías no
tualmente de ningun interes, y no entrarémos en ningun det
bre las que se han dado ántes de 1773, época en que *Cou*
la memoria citada capítulo IV ha considerado por la prim
esta cuestion con las circunstancias físicas de que se halla
cada. Él ha investigado, atendiendo á la cohesion de las tier
rozamiento, cual era el prisma que ejercía el mayor empug
el muro de revestimiento, y ha encontrado, para determi
te prisma, una espresion en que entraba solamente la altura
ro y la relacion del rozamiento á la presion.

»*Mr. Prony* ha analizado la cuestion con mucho cui
exactitud, y ha llegado á un teorema que da el prisma de
empuge bajo una expresion muy simple. Este teorema se ha p

por la primera vez en su *Mecánica Filosófica*; y *Mr. Prony* lo espuesto de nuevo en 1802 en sus *Investigaciones sobre el em-ge de las tierras*; y en virtud de esta obra, vamos á dar aquí la nstruccion de los muros de revestimiento.

»Esta teoría comprende dos cuestiones: en la primera, se trata evaluar la accion de las tierras sobre el muro; en la segunda, es ecesario buscar la forma y las dimensiones que es conveniente r al muro para resistir á esta accion. Se las va á tratar su-sivamente.

»Deduce pág. 376 que el *punto de aplicacion de la fuerza que sulta del empuge de las tierras está situado al tercio de la altu-e del terraplen.*

55 El tomo 2.° del *Tratado de la construccion de los puentes r Mr. Gauthey principia por el Lib.* 3.° *que trata de las cim-as, de los puentes de madera y de fierro, y de los puentes mó-les*, &c. El Lib. 4.° trata de los *detalles de construccion de los entes*, y el capítulo 1.°, que versa *sobre el establecimiento de las ndaciones*, principia de este modo:

Pág. 173 "El establecimiento de las fundaciones ó cimientos es objeto mas importante en la construccion de los edificios, cuya du-cion se quiere perpetuar. Esta observacion se aplica particularmen-á los puentes, donde los puntos de apoyo contienen cargas consi-erables, y deben descansar no solo sobre una base incompresible, nó ser preservados de rompimientos. Los accidentes que resultan de sta última causa de destruccion, son aun mas frecuentes y difíciles e precaver, que los que provienen de falta de consistencia en las artes del fundamento.

»Apenas conocemos los métodos que empleaban los antiguos pa-a construir los cimientos, y tenemos pocos escritos sobre esta mate-ia *. Por lo cual, debe ilustrarse con una sabia teoría; y es nece-ario tener una larga práctica para elegir bien el método que mejor onviene, tanto á las circunstancias en que cada uno se halla, como á las diversas calidades del terreno, y á los materiales disponibles en os puntos en que se trata de edificar.

»De la naturaleza ó calidad del terreno en que se edifica depen-

---

* En mi concepto, los antiguos no empleaban métodos diferentes que os ordinarios del dia; y todo lo que se ha dicho acerca de este punto, so-bre la ciencia de los Romanos, para hacer unos edificios que han durado nto tiempo, mas bien se debe á la casualidad, como manifestarémos en el § 86 de este mismo libro.

un gran rozamiento. Los cueros viejos no presentan tanta resistencia, pero se desperdicia mucha agua *.

»Los rosarios inclinados, á ménos que no sean movidos por caballos, lo que exige un establecimiento costoso é incómodo, cuyos gastos solo pueden cubrirse con grandes sacrificios, hacen subir los agotamientos á un precio muy elevado; y como estas máquinas, bastante costosas en su conservacion, no ofrecen ventaja alguna particular, no se alcanza en qué circunstancias deben emplearse con preferencia.

»Segun lo que resulta de los últimos puentes construidos en Francia, parece que el método de los cajones ú otros procedimientos análogos se adoptarán generalmente para lo sucesivo en la construccion de los grandes edificios de este género. No habrá pues agotamientos muy considerables que hacer, ni por consiguiente ocasiones de emplear las máquinas movidas por la corriente, que, en este caso, serían las mas ventajosas. La rosca de Arquímedes, que conviene á profundidades cortas, parece deberse preferir siempre, y no se ocurrirá al desagüe con cubos, sinó cuando las filtraciones no sean suficientes para emplear una rosca."

Aunque aquí aparece que la rueda de tímpanos produce 0,90 para el efecto útil, y que por lo mismo da lugar á creer que es la mas ventajosa; no obstante, si se examina lo que dice *Perronet* al usarla, no se debe establecer esto por regla general. Del mismo modo se debe observar que el resultado, que aquí se da, es bien diferente del adoptado por *Mr. Hachete* (*Tratado elemental de las máquinas* pág. 90), que admite, en virtud de la bomba establecida en Marly, que eleva el agua de un solo tiro á 155,5 metros (558 pies esp.) de altura vertical, que no se debe contar con que este género de máquinas utilice $\frac{1}{10}$ de la fuerza que se le aplica. Pero se creerá difícilmente que esta relacion, fundada sobre un esperimento hecho en circunstancias casi muy diferentes de las que ocurren generalmente, puede convenir á todas las bombas.

58 En el capítulo 3.° trata *de las operaciones que hay que practicar en la fundacion de los puentes*; en su primera seccion, se ocupa de todo lo relativo á las *estacas* ó *pilotes*; y en la segunda, de los (*enrochements*), palabra que traducimos *enrocamientos*, por no haber encontrado ninguna otra mas adecuada. El Autor distingue

* Debemos añadir, que las bombas para las operaciones en grande tienen ademas el inconveniente de que hablarémos en el Lib. 6.°

los de piedra seca, de los de hormigon; y acerca de los primeros se espresa de este modo:

Pág. 271 "Los enrocamientos con piedra seca (que nosotros llamamos *fabricar á piedra perdida*), no se empléan en la actualidad sinó en los contornos de las fundaciones, ó en los intérvalos de las estacas; en otro tiempo, formaban frecuentemente la fundacion misma de las pilas ó machones, y de los estribos, especialmente en los rios rápidos y profundos. Se practican conduciendo al parage de la obra piedras que se trasportan en barcos ó carretas y se dejan caer á mano *. Se tiene cuidado de colocar fuera las mas gruesas, y con algunas veces mezclarlas con otros cantos mas pequeños para rellenar los intérvalos. Por otra parte, el grueso de los materiales debe ser proporcionado á la velocidad de la corriente, y depende tambien de la inclinacion del talud del enrocamiento.

"Se pueden hallar por medio del cálculo las dimensiones que deben tener las piedras, para no ser arrastradas por una corriente de velocidad conocida. En efecto, supongamos que su forma sea un paralelepípedo rectángulo, que es lo que regularmente se verifica respecto de las piedras estraidas de las canteras, y llamemos a la dimension de la base, perpendicular á la corriente; b la dimension paralela á la corriente, y c la altura, que se supondrá la menor de las tres **: considerando la piedra colocada en un plano horizontal, la fuerza con que obrará la corriente, sobre la cara que se le opone, estará representada (conforme á la teoría suficientemente confirmada por los esperimentos) por Hac, siendo H la altura debida á la velocidad del fluido; por consiguiente, si P es el peso específico de la piedra, y p el del fluido, se tendrá para espresar que el peso de la piedra se equilibra con el impulso del fluido, $\frac{1}{2}c.Hac=\frac{1}{2}b.(P-p).abc$; de donde se saca $\frac{b^2}{c}=\frac{H}{P-p}$ (A); lo cual establece de un modo muy sencillo, la relacion que debe existir, entre el ancho y altura de una piedra, para que pueda resistir á una corriente cuya velocidad sea dada. Si se supone $b=c$, la ecuacion se reducirá á $c=\frac{H}{P-p}$; y se tendrá de este

* Así se hace tambien para formar los muelles, como yo lo he visto en Málaga.

** *Mr. Gauthey* usa de una letra griega para esto, y nosotros hemos creido conveniente esplicarlo así para mayor claridad.

modo la menor dimension que sea posible dar á las piedras, c
altura sea igual al ancho, para que resistan á una cierta veloci
de la corriente.

»De aquí pueden deducirse muchas consecuencias útiles e
práctica. Se concluirá, por ejemplo, que sería perjudicial el no
alguna importancia á la forma de los trozos de piedra, con
se revisten las paredes en los enrocamientos, á que se suelen ll
plata-bandas, y que es esencial para la economía y solidez
obra, el dar á estos trozos una forma que sea lo mas chata po
En efecto, siendo el mismo el peso específico, el coste de las
dras es casi proporcional á su volúmen; de modo que si c y
presentan las alturas de dos piedras que tengan la misma bas
relacion de los gastos que ocasionarán será $\frac{c}{c'}$, mientras que l
lacion de las alturas debidas á las velocidades á que harían
librio * será $\frac{c'}{c}$: de donde resulta que una piedra que cuesta
tro veces mas que otra, no resistiría sinó á una velocidad do
ces menor.

»Tambien podría juzgarse, por lo que precede, del talu
conviene dar á las paredes de los enrocamientos en razon de l
locidad de la corriente, y de las dimensiones de las piedras
se emplean.....

»Mucho se ganaría en disminuir el grueso de las piedras;
que si no se las diese por ejemplo, sinó 35 centímetros (1 pie
de altura (que entre nosotros se llaman *sillarejos*), dejándoles sie
70 centímetros (2 pies esp.) de ancho, resistirían á una veloci

---

* En efecto, despejando H en la (ec. A), se tendrá $H=\frac{b}{c}(P-p)$;
presando por H' la altura debida á la velocidad del fluido correspond
á la piedra cuya altura es c', será $H'=\frac{b^2}{c'}(P-p)$; puesto que b es la
para los dos. Dividiendo estas dos ecuaciones se tiene $\frac{H}{H'}=\frac{\frac{b^2}{c}(P-p)}{\frac{b^2}{c'}(P-p)}=$
que espresa lo que dice el testo.

5,24 metros (19 pies esp.), y se tendría mas solidez con mu-
o ménos gasto.

»Consideramos la velocidad de 4 á 5 metros (14 á 18 pies esp.)
r segundo, como un límite, á que la velocidad de los rios y aun
los mas rápidos torrentes, con dificultad puede llegar. Así, re-
ciendo el grueso de las piedras á 35 ó 40 centímetros, (1,26 á
54 pies esp.), lo que les deja una solidez suficiente, nunca sería
cesario darles mas de un metro de ancho, y por consiguiente no
ederán á las dimensiones de las que comunmente se emplean en
construcciones, y nunca habrá necesidad de hacer maniobra al-
na estraordinaria para trasportarlas y colocarlas. Pero los enro-
mientos, que se ejecutan en el mar, estando espuestos por parte
las olas á una fuerza de impulsion mas considerable, deben ha-
se con pedazos mucho mas gruesos: y entónces su carguío, tras-
rte y descargue, exijen precauciones particulares."

59 *Mr. Navier* pone al fin del espresado capítulo 3.° una nota,
re la velocidad ordinaria del agua para arrastrar diferentes
terias, que dice así:

Pág. 303 "*Mr. Dubuat* ha hecho, sobre el modo con que las
as corrientes acarrean las materias, que se hallan en el fondo
los lechos, observaciones curiosas que se encuentran en sus *prin-*
s de Hidráulica I.ª parte, seccion II, cap. III, y II.ª parte, sec-
I, capítulo VII. Ha hecho algunos esperimentos sobre la ve-
ad de régimen que conviene á fondos de diferente naturaleza,
s resultados se hallan consignados en la tabla siguiente:

cilla ura a de ería.	Arena gorda amarilla.	GUIJO DEL SENA. Gordo como un grano de anís.	Gordo como un guisante á lo mas.	Gordo como un haba pequeña.	Guijarros de mar redondos, de 27 centímetros de diámetro á lo mas.	Piedras de fusil angulosas del tamaño de un huevo de gallina
strada.	Arrastrada.	Arrastrado.	Arrastrado.	Arrastrado.	Arrastrados	Arrastrada
id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
d.	id.	id.	id.	id.	id.	Régimen
d.	id.	id.	id.	id.	Régimen	Estable
d.	id.	id.	id.	id.	Estable	id.
d.	id.	id.	id.	Régimen	id.	id.
d.	Régimen	id.	id.	Estable	id.	id.
d.	Estable	id.	Régimen	id.	id.	id.
posita na fina	id.	id.	Estable	id.	id.	id.
d.	id.	Régimen	id.	id.	id.	id.
gimen	id.	Estable	id.	id.	id.	id.
Peso específico de las materias.						
,64	2,36	2,545	2,545	2,545	2,614	2,25

la palabra *régimen* significa que á la velocidad qu

	Metros.	Pies esp.
Velocidad ordinaria por segundo de los pequeños rios de los contornos de París, cuya pendiente es 0,00018($\frac{1}{5555}$).	0,28	1
Velocidad del Sena entre el puente de las Tullerías y el puente Nuevo, observada por *Mariotte*. . .	0,47	1,7
Velocidad del Sena entre Surene y Neuilly, observada por *Chezy*, siendo la pendiente 0,000125($\frac{1}{8000}$).	0,78	2,8
Máxima velocidad del Támesis en Londres durante el flujo.	0,90	3,2
Id. durante el reflujo.	0,76	2,7
Velocidad del Tíber en Roma durante las bajas aguas.	1,00	3,6
Velocidad del Danubio en Ebersdoff en las aguas bajas.	1,05	3,8
En las grandes aguas esta velocidad varía de 2,21 á 3,79 metros.		
Velocidad del Loire, siendo la pendiente de 0,000382,($\frac{1}{2618}$).	1,30	4,7
Velocidad del Ródano en Arlés en las bajas aguas.	1,46	5,2
Velocidad del Ródano en Beaucaire en la misma época.	2,60	9,3
Velocidad ordinaria del Durance desde Sisteron hasta su embocadura.	2,60	9,3
Velocidad del Marañon, en el estrecho de Pougo, observada por *Mr. de la Condamine*.	3,90	13,9
Velocidad de un torrente originado por la fusion de la nieve causada por la erupcion de un volcan observada en América por *Bouguer*.	7,80	27,9

60 Desearíamos poder insertar la velocidad de los rios de España; pero hasta el presente no tenemos otros datos, que los que yo he publicado en el tercer libro respecto del Jarama y Guadalix: y siendo esto de mas importancia de lo que se cree, ruego á cuantos se hallen en el caso de poder hacer observaciones, que por ningun acontecimiento las omitan, y que procuren darles publicidad.

61 El tercer tomo de las obras de *Mr. Gauthey* principia por una escelente Memoria sobre los canales de comunicacion necesarios al comercio, y que nosotros tenemos ya traducida para insertarla como una especie de introduccion á la obra en que publicarémos *nuestra nueva construccion de caminos de fierro*.

62 La segunda memoria es sobre las esclusas, acerca de lo cual solo dirémos aquello que en particular conduce para nuestro objeto; pues lo que sobre esta materia dice *don Benito Bails* está bastante arreglado, y en la mayor parte vienen á coincidir, y acaso con las mismas palabras *Bails* y *Gauthey*: lo cual puede provenir de que habiendo compuesto *Gauthey* esta memoria en 1780 y publicado *Bails* su Arquitectura Hidráulica en 1790, pudo *Bails* tener á la vista el trabajo de *Gauthey*: en términos que toda la parte relativa á las esclusas, y la demas doctrina que contiene el tomo 3.º de *Gauthey* se halla en *don Benito Bails*, casi del mismo modo, escepto aquello que depende de las localidades. Omite *don Benito Bails*, lo relativo á las *dimensiones de los largueros de las puertas de las esclusas*, que pone *Gauthey*; y acaso habrá sido porque Taramas trae en el primer tomo de su obra la parte correspondiente á las maderas. Tambien omite *Bails* lo relativo á las esclusas, cuando el declive es escesivo; y como esto es del mayor interes para nuestra Península, en que se presenta esta circunstancia en todas las localidades, insertarémos aquí lo que dice *Mr. Gauthey* pág. 89 del espresado tercer tomo relativo á las *esclusas para las pendientes considerables*.

"Cuando la inclinacion de un canal es muy grande, la ventaja que de él se puede sacar entónces es bien corta y aun algunas veces absolutamente nula.

»Acontece tambien, que esta inclinacion es tal, que no se puede hacer mas de una legua por dia; en cuyo caso habrá ciertamente ventaja en hacer un trasporte mas bien que una navegacion de esta especie *; pero cuando se encuentra roca sólida, lo que sucede bastante ordinariamente en estas circunstancias, se pueden hacer cámaras ó cuencos en forma de pozos abiertos en la roca de 30 á 50 metros (107 á 179 pies esp.) de altura; estas cámaras se comunican de este modo con partes de canales subterráneos, que se cerrarán á la salida de la cámara por medio de una compuerta capaz de una gran resistencia por fuertes arbotantes que se apoyen en la roca.

»Para llenar estas especies de cámaras, se formará en un lado un pozo que se comunicará por el fondo, como un sifon inverso; y el agua saldrá de él saltando en cavidades, á manera de bóvedas, construidas al lado de las cámaras ó cuencos.

»Como estas cámaras gastarian mucha agua, con el fin de economizarla, se construyen, á diferentes alturas, depósitos que se ll

* Esto no es tan exacto como parece al Autor.

ucesivamente como en la cámara de Bouringues, para vaciar la ra, y reservar el agua; y se harían tambien vaciar sucesiva- e estos depósitos en la cámara, para llenarla. Se ve que estas ras, estando abiertas en la roca, el empuge del agua que sería ne, no podría hacer ningun efecto contra los espolones de la esclusa."

Tambien me parece oportuno añadir lo que dice *Mr. Gau-* en la pág. 53 del mismo tomo 3.° con la nota correspondiente *Mr. Navier.*

"Se da (dice *Gauthey*) ordinariamente al espesor de los muros s y á plomo, que sostienen las tierras, el tercio de su altura; tras que los que resisten al empuge del agua deben tener la mi- le dicha altura" (porque aunque el agua tiene ménos peso espe- que la tierra, su empuge es sin embargo mucho mas fuerte, en de que obra en todos sentidos y que no hay ninguna parte de sostenida sobre un plano inclinado, como sucede á las tierras).

La nota que pone *Mr. Navier* en la misma pág., dice así:

"Para encontrar el espesor que se debe dar al muro de un es- e ó depósito de agua, que debe contener este líquido hasta toda tura, como son los cuencos de las esclusas, se debe recordar que puge del agua contra las superficies verticales es igual al pro- de estas superficies por la mitad de la altura del agua.

Llamando h la altura del muro, x su espesor, y suponiendo u longitud sea de un metro, la potencia que obra será $1000.\frac{1}{2}h^2$; ó que el metro cúbico de agua pesa mil quilógramas. Se sabe ien que el centro de impresion de este empuge se halla al tercio altura del muro; así, el brazo de palanca de la potencia que será $=\frac{1}{3}h$.

La potencia resistente será el muro mismo $=hx.2000$, en ion á que el metro cúbico de albañilería pesa ordinariamente quilógramas. Su brazo de palanca será la mitad del espesor uro $=\frac{1}{2}x$. Por consiguiente, el momento de la potencia, que obra $=1000\times\frac{1}{2}h^2\times\frac{1}{3}h$, y el de la potencia resistente será $2000.\frac{1}{2}hx^2$; no en el estado de equilibrio estas dos potencias deben ser igua- se tendrá $167.h^3=1000hx^2$; de donde resulta $x=\sqrt{0,167h^2}=$ $1.h$. Pero como se debe tomar algo mas, que el caso de equili- añadiendo $\frac{1}{5}$, se tendrá $x=\frac{1}{2}h$ aproximadamente. Donde se ve l espesor de un muro, que ha de resistir la presion del agua, ser igual á la mitad de altura de dicho líquido que está de- de este muro."

64 No será inoportuno el que insertémos aquí el artículo *esclusas* que se halla en la pág. 444 del tomo VII del *Diccionario tecnológico*, pues contiene las noticias mas recientes sobre este particular y dice así:

Esclusas. "Se da este nombre á todas las obras de albañilería, carpintería ó de tierra, que tienen por objeto sostener el nivel de las aguas á ciertas alturas, determinadas por las necesidades ó naturaleza de los terrenos, de modo que puedan pasar, segun se quiera, por medio de puertas construidas al efecto, ya para hacer girar ruedas en establecimientos industriales, ya para regar ó inundar un pais, ya para el servicio de las *esclusas* de rios ó de canales de navegacion. Hablarémos particularmente de las últimas, en el presente artículo; y de las segundas, pondrémos con brevedad los principios que deben seguirse en su construccion.

» La invencion de las esclusas de dobles puertas para la navegacion de los rios ó de los canales, segun el *P. Frisi*, Autor Italiano, se verificó en 1481. La primera vez se establecieron sobre el Brenta, cerca de Padua, por dos Ingenieros de Viterbo. Poco tiempo despues, Leonardo de *Vinci* hizo una aplicacion feliz de este hermoso y útil descubrimiento, que sirvió luego de modelo á todas las operaciones de la misma clase. Estableció la comunicacion de los dos canales de Milan por seis esclusas sucesivas, salvando una diferencia de nivel de 16 á 18 metros (57 á 64 pies esp.).

» Las primeras esclusas, construidas en Francia, fueron las de los canales de *Briare* y de *Orleans*, que unen el Loira con el Sena. El primero contiene cuarenta y dos, y el segundo veinte. Pero uno de los mas bellos y atrevidos sistemas de esclusas que existen, es el que hay en el canal de Languedoc, que reune el Mediterráneo con el Océano; los barcos cargados pueden pasar de un mar al otro en once dias, atravesando montañas que tienen 200 metros (717 pies esp.) de altura sobre el nivel de los dos mares.

» En Holanda es donde se ha perfeccionado particularmente el sistema de las esclusas. Los pueblos que habitan este pais, sin cesar amenazado de ser invadido por las aguas que le rodéan y dominan, han debido buscar y han encontrado con efecto en la Arquitectura Hidráulica todos los medios de precaverse de las inundaciones, suspendiendo y dirigiendo convenientemente el curso de las aguas. Pero en estos últimos tiempos, es principalmente cuando la práctica, guiada por la teoría, ha hecho grandes progresos en el arte de ejecutar todas estas obras públicas. Los inmensos adelantamientos de la Meca-

ca usual, les ha dado un carácter de magnificencia y estabilidad esconocido hasta nuestros dias. *Mr. Carlos Dupin*, en uno de sus iages á Inglaterra, refiere que ha visto en el canal *Caledonio*, que ermite á los buques de 500 á 600 toneladas y á las fragatas, pa-ar del Océano Atlántico al Océano Germánico, sin hacer el rodéo eligroso del Norte de Escocia y de las Islas Orcadas, esclusas cu-as puertas son de fierro colado, y que no pesan ménos de 26 tone-ıdas, es decir 26 mil quilógramas (565 quintales esp.), que dos ombres con el auxilio de un mecanismo sumamente ingenioso mane-ın con la mayor facilidad.

» Iguales construcciones no admiran en las Islas Británicas, prin-palmente en Escocia, donde la madera escaséa y el fierro es comun; las no convendrían entre nosotros * donde sucede lo contrario.

» Antes de hablar de la construccion de las esclusas, vamos á dar na idéa general de las diferentes partes que las componen, y de las arias operaciones que hay que hacer para efectuar por su medio el aso de los barcos en uno y otro sentido.

» En una esclusa, se notan cuatro partes principales:

1.° El fundamento ó formacion de los cimientos, que exigen una jecucion esmerada y de las mas sólidas.

2.° » Los muros laterales y paralelos, á que se da el nombre de *spolones*.

3.° » El *piso* ó el *suelo* de la esclusa.

4.° » Las dos *puertas picudas* y sus accesorias. Se llama *cabe-a de la esclusa*, la puerta de arriba; y puerta *mojada*, ó de *abajo*, la inferior.

» La diferencia de nivel forma la *caida de la esclusa*.

» Se sabe que una de las primeras condiciones que se ha de ve-ificar en el establecimiento de un canal de navegacion es que el agua ermanezca en él, por decirlo así, durmiente ó quieta, para que el ránsito de los barcos sea tan fácil en una direccion como en otra. ería pues necesario para que esta condicion quedase satisfecha, que os dos puntos de partida y de llegada, así como todo el pais que un anal atraviesa, estuviesen á nivel; lo que solo se verifica en muy ortas travesías y en paises llanos; es pues bastante raro que no se

* Esto es, en Francia; pero en España, donde hay montes de fierro, grandes depósitos de carbon de piedra para elaborarle, podemos em-render obras aun mas atrevidas, y con mayor economía, si se pone en jecucion cuanto esponemos en esta obra, y darémos á conocer en las de a *Riqueza mineral de España*, y *nueva construccion de caminos de fierro*, ue estamos preparando.

tenga mas ó ménos inclinacion ó declive que salvar. Cuando es so de algunos pies, se sostienen las aguas con una *ataguía móvil*, q se separa ó retira en el momento de pasar los barcos; pero si se tra de salvar montañas, valles, &c., entónces hay precision de establec esclusas; lo que no puede sin embargo verificarse, sinó en el caso que se pueda disponer de una cantidad de agua suficiente en el pun culminante de partida ó de reparto para alimentarlas.

»A este efecto, cuando se da conocida la diferencia de nivel un punto á otro, se divide el canal, en el sentido de su longitud, e muchas partes que se designan por el nombre genérico de *trámites* *trozos*. Se hace de modo que la caida de una esclusa se halle en lo límites de dos á tres metros (de unos 7 á 11 pies esp.) y sea igual para todas.

»Los trámites están unidos entre sí por *depósitos*, cuencos ó cámaras, que se llaman en general *Neptuno*. Por medio de estos depósitos pasa un barco sucesivamente de un trámite al otro, sea para subir, sea para bajar. Muchas esclusas establecidas contiguas las unas á las otras, pueden compararse con los escalones ó gradas, á que se ha dado el nombre poético de *Escalera de Neptuno*. Para descender una grada de esta escalera líquida, es decir, para pasar del trámite ó trozo superior al inmediatamente inferior, se llena de agua la esclusa intermedia, hasta el nivel del trámite superior; entónces no se halla dificultad para introducir el barco en esta esclusa. Cerrando la puerta superior, que se tenía en un principio abierta, y bajando despues el agua, que se acaba de introducir en ella, hasta el nivel del trámite inferior, abriendo el postigo de la puerta baja, el barco desciende en ella al mismo tiempo.

»La operacion inversa sirve para elevar el barco del trámite inferior al superior, es decir, que es necesario entónces que el agua contenida en la esclusa baje al nivel del trámite inferior. El barco se introduce en la cámara ó cuenco, se cierra la puerta inferior, y abriendo el postigo de la superior, el agua le llena, y eleva el barco al nivel del trámite superior, á donde pasa fácilmente.

»Se ve que sucederá lo mismo para un número cualquiera de esclusas colocadas en seguida las unas de las otras, y que la operacion para pasar de la una á la otra, se hará del mismo modo.

»Sobre este punto, notarémos que cuando las desigualdades del terreno se prestan á ello, hay una gran ventaja en poner el mayor número de esclusas las unas á continuacion de las otras. Porque, como es necesario que cada una tenga dos puertas, se economiza necesaria-

una, cuando las esclusas forman un sistema contiguo, en á que cada puerta intermedia es á un mismo tiempo puerta é inferior.

esta ventaja se añaden otras, como la de que el servicio de sas así agrupadas, se hace por una sola persona, mientras an necesarias muchas si las esclusas fuesen aisladas.

n embargo, no por esto se deja de necesitar para cada barco a, un volúmen de agua igual á la capacidad de la cámara de sa, cuya cantidad de agua se encuentra perdida para la na- de la parte superior del canal, donde es preciso absolutamente zarla por la que debe suministrar un rio ó depósito alimen- r fuentes ó aguas pluviales, que se recojan en el punto de del canal.

n el modo de hallar estas aguas, y en las obras que se deben ara conducirlas y reunirlas, es donde se encuentran frecuente- as mayores dificultades para la construccion de los canales.

se considera un barco atravesando los trámites sucesivos de l, como un cuerpo pesado que se eleva ó se baja á cada en- con una esclusa, se ve que, haciendo abstraccion de la pérdida a necesaria para poner en accion un mecanismo cualquiera, co debería por su descenso de una cierta altura, elevar á esta altura un peso igual al suyo; y recíprocamente, que la eleva- barco de un trámite al inmediato superior, solo debería oca- l descenso de un peso de agua igual al del barco, del primer al segundo; pero las cosas se verifican de otra manera bien e. La elevacion y descenso de las masas de agua, cuyo peso nismo que el del barco, se efectúan allí, á la verdad, por la accion del desalojamiento del fluido, pero resulta de la nece- e llenar las cámaras, y del modo con que se efectúa, que los descendentes gastan la misma cantidad de agua que los ascen- y como el esceso del peso del agua de las esclusas sobre el de os es enorme, el beneficio de agua debido al descenso dá una secion muy débil.

Muchos Ingenieros de un gran mérito, tales como *Betancourt**, , *Bossu* en Francia, y *Donkin* en Inglaterra han procurado la subida y bajada de un barco en una esclusa á esta equipon- a pura y simple de las masas qne da el *mínimo* de gasto de sin recurrir, por decirlo así, á las aguas de los trámites supe-

---

n Agustin de Betancourt, era español, natural de Canarias.

riores. Se ha dado á este sistema, ingenioso sin duda, pero impracticable en grande, el nombre de *cámara móvil*.

» He aquí en que consiste.

» Al lado de la esclusa, detras de uno de los espolones, se hace un pozo prismático que comunique con la esclusa. Contiene, juntamente con la esclusa, un volúmen de agua que se trata de hacer levantar y bajar, de modo que se encuentre sucesivamente al nivel del trámite superior é inferior.

» Esta condicion en el proyecto de *Betancourt*, está satisfecha por la inmersion de un cuerpo que sube y baja en el pozo prismático; pero el empléo de este cuerpo que se sumerge, para ser practicable, exigía una combinacion de medios sacados de las leyes de la Hidrostática y de la Mecánica, que forman todo el mérito de esta invencion. En el caso particular de que se trata, la curva descrita por el centro de gravedad del contrapeso es un círculo (véase el tomo VII del Boletin de la Sociedad de Fomento, ó la Enciclopedia del Ingeniero, por *Delaistre*, donde se ha insertado el informe de *Mr. Prony* sobre este particular).

» En cuanto al medio de *Solage* y *Bossu* para producir el mismo efecto, la esplicacion es demasiado larga para insertarla aquí. Se puede ver su descripcion, así como el medio propuesto por *Fulton*, en el VII volúmen del Boletin de la Sociedad de Fomento pág. 163. Una esclusa de este género se construyó por ensayo en Creusot. Existe un modelo de ella bastante en grande en el Conservatorio (de París) para hacer comprender su modo de obrar *.

» Despues de esta digresion, volvamos á ocuparnos de las esclusas de cámaras ordinarias. Hemos dicho que se componen de cuatro partes principales, á saber: las fundaciones ó cimientos; los espolones; el suelo ó piso; y las puertas picudas.

» Determinado el sitio en que se ha de colocar la esclusa, así como su caida, su longitud y su ancho, los fundamentos ó cimientos, ya sobre terreno sólido, ya sobre estacas ó pilotage, se elevan al nivel del piso, donde estando bien enrasados, se trazan los espolones, cuidando de darles un espesor proporcionado á la altura del agua cuyo empuge deben sostener, y fortificarlos aun con contrafuertes.

» Se practica algunas veces, en el espesor de los espolones, un pequeño acueducto, que los Franceses llaman *pertuis*, y á que cor-

* En nuestra Escuela de Caminos y Canales existía un modelo de la Esclusa de *Betancourt*; y es lástima, que en la actualidad el público no *pueda* examinarlo cuando lo necesite.

responde en Castellano *boquete* ó *canalizo*, teniendo una compuerta de corredera ó de muesca en el medio, para hacer pasar el agua de un lado al otro de la esclusa sin que haya necesidad de abrir las puertas.

»Al trazar las caras interiores de los espolones, es necesario hacer muescas, para recibir todo el grueso de las puertas cuando estén abiertas, á fin de que no embaracen el tránsito de los barcos. Se hacen tambien en las mismas caras, por la parte esterior de las puertas, dos muescas ó correderas verticales de 7 á 8 pulgadas cuadradas, distante la una de la otra 3 á 4 pies, con el objeto de recibir los estremos de un cierto número de viguetas puestas las unas sobre las otras para formar un cajon que se llena de tierra arcillosa, á fin de tener una ataguía que permita poner en seco toda la esclusa, cuando se necesite hacer alguna reparacion. Para facilitar la entrada del agua en la esclusa, los espolones del lado de arriba toman una direccion oblicua que forma contraccion ó embudamiento. Esto impide al mismo tiempo al agua pasar detrás, lo que causaría bien pronto la ruina de toda la obra. Por esta causa se une la prolongacion de los espolones con los muros del malecon á las caras laterales del canal. Toda esta albañilería se hace con mezcla de cal hidráulica.

»El piso ó suelo de la esclusa debe contruirse con mucho cuidado, así como el batiente contra que se aplican las puertas: este se hace de piedra de sillería ó de dos viguetas que sobresalen 6 á 8 pulgadas sobre el piso. Este es enlosado ó de madera, cuyos espacios huecos se llenan de cantos ó guijarros. Se le llama *contra-piso* y sirve para resguardar el piso de albañilería sobre que reposa.

»Las esclusas se cierran, como ya hemos dicho, con puertas planas ó combadas, que se apuntalan ó sostienen recíprocamente bajo un ángulo de cerca de 135 grados, y que se apoyan al mismo tiempo sobre el batiente. Ellas forman de este modo una salida, á manera de nariz ó pico, que les ha hecho recibir el nombre de *puertas picudas*, cuyo cerramiento es tanto mas exacto cuanta mas agua tienen delante. Ellas forman, juntamente con los espolones, una figura exagonal que se llama *cámara* ó *cuenco* de la esclusa. La construccion de estas puertas exije el mayor cuidado. Hemos visto que los Ingleses, teniendo muy barata la fundicion del fierro, y el fierro, las han hecho de esta materia; imitarlos en Francia, sería conducirla á gastos muy considerables. Nosotros hacemos las hojas de madera, que vuelven á cubrirse con otros maderos muy fuertes. Los largueros ó pies derechos que sirven de eje, tienen su estrados re-

dondeado, á fin de reunirse exactamente en la ranura de las muescas, en todas las posiciones, principalmente cuando están cerradas. Los largueros que han de formar el ángulo de las hojas de la puerta se labran con el mismo ángulo, y no deben dejar ninguna luz entre sí de alto á bajo.

»De este modo una vez puestas las puertas, no deben sufrir ninguna variacion en su forma.

»La abertura de las puertas, aunque se verifica cuando el fluido está en equilibrio, se hace con el auxilio de un cuadrante de círculo dentado, por medio de una cigüeña ó palanca, proporcionándolo todo á la resistencia, para que un hombre solo pueda hacer este trabajo, ya para cerrar, ya para abrir.

»Cuando no se hace canalizo en los espolones de una esclusa, se deja en la parte inferior un postigo para que pase de un lado á otro la cantidad necesaria de agua para llenar ó vaciar la esclusa *. Estos postigos se cierran con pequeñas compuertas que se levantan ó bajan por medio de *crics* **, con barras dentadas, sujetas á los cabeceros de las puertas. Esta última construccion, que parece en efecto la mas simple, es la que en el dia es preferida.

»Se han ideado, para producir el mismo efecto, otros muchos medios ***.....

»Para facilitar la travesía de un lado á otro de la esclusa, se hace un puente que gira; el cual replegándose, deja libre paso á los barcos. Este puente, cuando la esclusa es ancha, se compone de dos partes que reposan y giran sobre el vértice de cada espolon.

»Ademas, se hace otro pequeño puente encima de cada puerta para el uso del esclusero; se forma dando á los travesaños superiores de las puertas algunas pulgadas mas de ancho, para que un hombre pueda pasar por ellos sosteniéndose al pretil fijo en los vértices

---

* El mejor modo para sacar la máxima utilidad, sería el hacer que el agua sobrante, cuando no se necesita para el canal, sirva de motor para algun establecimiento industrial, colocado en las inmediaciones de la esclusa, como es batan, molino, fábrica de papel, ferrería, &c., &c.

** En el § 145 de mi Mecánica práctica, y en el 255 del tomo 3.°, parte 1.ª T.E. se pone la descripcion de esta máquina y su modo de obrar.

*** No los espresamos, porque solo pueden tener aplicaciones en casos particulares; y así como dichos medios se han ideado para localidades especiales, del mismo modo el Ingeniero que poséa bien los principios generales, al tratar de un proyecto particular, tomará en consideracion todas las circustancias locales; y no perderá de vista que con la palabra *Ingeniero* se quiere espresar, que al proyectar toda obra, se debe recurrir á la facultad mental del *Ingenio*, para escogitar el medio que mas concilie *todas las* circunstancias, procurando sacar de ellas el mejor partido posible.

e los larguetos de las puertas, que á este efecto sobrepujan á las
gollas unos 4 pies.

» Para decidirse sobre el espesor que se debe dar á la fábrica
e los espolones, es necesario no solo tener en consideracion el
mpuge del agua, sinó aun la calidad de los materiales que se
nplean. *Belidor* dice que se debe dar á los espolones un espe-
or igual á la altura de las mayores aguas que debe sostener el
iso; da igualmente reglas para el intermedio y la fuerza de los
ntrafuertes; pero son susceptibles de variar, segun las locali-
ades y los cálculos del Ingeniero. Se sabe que una de las pro-
iedades de los cuerpos fluidos, es de empujar en todos sentidos
s paredes verticales ó inclinadas de los vasos que los contienen;
que este empuge en cada punto de dichas paredes puede siem-
re espresarse por la vertical que mide la distancia de este pun-
debajo del nivel del líquido, sin tener que considerar la esten-
on de su base, porque su volúmen ó dimension horizontal no
fluye en nada sobre este empuge.

» Así, poco importa que la esclusa sea mas ó ménos ancha,
ue los espolones estén mas ó ménos aproximados; el empuge del
gua contra ellos no mudará, dependiendo únicamente de la al-
ra del agua. Y como esta altura del agua varía, se sigue que
muro destinado á resistir á su empuge, debe adelgazarse á
lida que se eleva, pero no en una razon exacta, porque en-
ces no habría ningun espesor; y acabaría por consiguiente en
línea de nivel.

» La cara interior de los espolones, siendo y debiendo ser verti-
el escarpado se hace en la parte esterior ó trasdos de la pared
ramento esterior.* No se tiene en consideracion el empuge de
tierras que obran en un sentido opuesto al del agua; porque el
ser flete de este líquido, que se insinúe entre la tierra y el muro
de bastar para separarlos de todo punto, á pesar de los batidos
arcilla que allí se deben poner.

» Se economiza el gasto de agua calibrando la cámara de una es-
con la dimension de los barcos. Algunas veces se hacen escla-
ables que reciben dos barcos á un tiempo.

» La construccion de las esclusas de navegacion es una cosa tan
ante, que no es posible en una obra de la naturaleza de esta
en todas las consideraciones que exige. Nos hemos limitado á

* ando la tierra sea floja, ó lo que se llama *terreno débil*, puede con-
cerlo al reves.

indicar los principios generales que sirven de guia á los Ingenieros. Las personas que quieran estudiar á fondo esta materia, deben consultar las obras de *MMrs. Gauthey*, de *Prony*, de *Girard*, &c. &c."

CAPÍTULO II.

Sucinta enumeracion de los inconvenientes que presenta la construccion actual de las obras en el agua; noticia de las cales hidráulicas de Francia, Inglaterra y Rusia, y de las que yo tengo reconocidas en España, con las que se pueden minorar, pero no evitar de todo punto, dichos inconvenientes.

65 El objeto de este capítulo es reunir bajo un solo punto de vista los inconvenientes que presenta la construccion actual de las obras hidraúlicas; examinar su orígen ó procedencia; dar á conocer el modo de remediarlos, por los métodos que están en uso, é indicar la insuficiencia de estos, con el fin de que el lector se prepare al exámen de nuestro nuevo método para estas construcciones, que espondrémos en el capítulo siguiente.

66 Ante todas cosas observarémos que *Belidor* en la pág. 5 del prefacio de su *Arquitectura Hidraúlica*, dice: "Las dificultades que comnumente se esperimentan, cuando se quiere edificar en el agua, proceden casi siempre de la mala calidad en el fondo, que las mas veces hay que dejar en seco."

67 *Don Benito Bails*, al manifestar pág. 27 de su obra sobre el mismo asunto, *como se fundan las obras hidráulicas*, dice: "El modo de fundar en el agua un edificio suele variar con la especie de la fábrica, y las circunstancias locales: por cuyo motivo hablarémos aquí solo en general de esta maniobra, ciñéndonos á declarar las tres operaciones que requiere: 1.ª apartar ó atajar el agua; 2.ª agotarla; 3.ª macizar el suelo, á fin de que siente sobre cimientos sólidos la obra.

»Para conseguir estos tres fines, han apelado los hombres á varios ingenios y recursos, que vamos á especificar, empezando por el artificio con que se ataja el agua; seguirán despues las máquinas que sirven para agotarlas, y concluirémos manifestando los medios con que se logra dar al terreno la competente consistencia, cuando de suyo no la tiene."

68 El mismo don Benito Bails dice, al hablar de las obras

cas en los rios, pág. 70 "Al tiempo de especificar las obras ilicas, cuando propusimos el plan de este tratado, hemos pon- ı la importancia de todas, y la dificultad de las mas, pero ıa hemos graduado de temeraria. Si las hay que merecen esta ıcion, son sin duda alguna las que se hacen en los rios."

Mr. Gauthey en el capítulo 1.° seccion 1.ª del lib. 2.° pági- 9 del tomo 1.° de sus obras, dice así: "Siendo la roca el me- : todos los fondos....."

El mismo *Mr. Gauthey* dice pág. 196 del primer tomo de ras. "Se ve, por lo demas, que los puentes nunca perecen si- : defecto en la salida; y que en última análisis el disminuir iado la seccion es siempre la causa de su ruina."

Mr. Gauthey en la pág. 68 del tercer tomo de sus obras, *ils* en la 253 de su *Arquitectura Hidráulica*, dicen: "La uccion del piso (de las esclusas), es de todos los puntos el que ıas cuidado, por ser esta la parte de la inclusa * mas dificulto- conservar y mas necesitada de reparo. Antiguamente los mas de ıos se hacían de madera; pero deben escusarse todo lo posible, : la madera nunca enlaza bien con la fábrica: siendo casi im- : que deje de colarse por entre los maderos del zampeado y la ostería, que se fabrica entre los pilotes, una lengua de agua, ıce mucho empuge, por causa de la mucha que sobre ella car- suele estorbar el manejo de las puertas.

Los mismos Autores, á saber *Gauthey* en la pág. 85 del 3.° de sus obras, y *Bails* en la 262 de su *Arquitectura Hi- 'ca*, dicen: "El mayor contrario de las inclusas y la causa de ıdos los socavamientos que padecen, es la rapidez con que pa- agua desde el trámite superior al cuenco, ó desde este al e inferior."

Desde la mas remota antigüedad se ha reconocido la puzo- como sumamente adecuada para las mezclas **, que se empléan

---

ınnque *don Benito Bails* se debe tomar por modelo en punto á len- , sin embargo, yo juzgo preferible el nombre de *esclusa*, que es- a adoptado por Taramas, á causa de que la palabra *inclusa* tiene nosotros la acepcion de un establecimiento de beneficencia donde n los niños espósitos ó de padres desconocidos.

En Cadiz suelen designar bajo el nombre de *zulaque* al mortero, ar- ı ó mezcla que se empléa en las obras Hidráulicas; pero el zulaque piamente el betun de fontaneros ó betun de agua. Se compone de ı viva ó apagada con poquísima agua, de estopa cortada y de acei- estopa viene á ser un dozavo en peso de la cal; y el aceite es el ste para darle consistencia.

acuáticas. Vitruvio, Escamozzi, casi todos los Arqui
ieros han tratado de ella. *Taramas* en la pág. 174 de
de su obra, y *Bails* en el § 393 de su *Arquitectur*
pan de esta materia; por lo que nosotros nada dirémo
á este punto, á causa de que las investigaciones mo
bien se reducen á indagar los medios de obtener lo
tados con materiales que cada uno se pueda proporcio
ais. Así es, que en Inglaterra, en Francia, en Rusi
ocupado mucho, no solo en buscar la puzolana, sinó e
e reemplazar su uso por otras cales que han designad
e de *hidráulicas*. Y de todas las análisis, y observacio
or diversos Ingenieros, y por esperimentos sintéticos qu
ado, resulta: 1.° que *las cales son tanto mas á propó*
s construcciones hidráulicas, cuanta mayor es la can
rcilla que contienen: entendiendo por la palabra *arcill*
e la sílice muy fina, que se halla diseminada en la ma
con la alúmina, y algunos otros óxidos que puede con
son los de fierro, de manganeso y de magnesia; 2.° qu
liza, de que se ha de estraer la cal, es tanto mejor
or es su peso específico; 3.° que *la sílice sola pued*
la cal una combinacion eminentemente hidráulica
e sucede en la piedra caliza de Senonchez; 4.° que *l*
la ó mezclada con los óxidos de fierro y de mange

pidos en todas las ciencias y con especialidad en las de aplicacion, n los que se han anticipado, y los que todavía dan la ley sobre te particular.

Llaman *Roman-cement ó argamasa-romana ó cimento-roma-*, á una mezcla, que resulta de la calcinacion moderada de una edra calcárea, que contiene por lo regular 31 por 100 de arcilla; cual se pulveriza, y se amasa como el yeso. Se hace de esta sus-ncia un gran consumo en Lóndres, en las fundaciones, en los re-stimientos de los muros y de columnas hechas con ladrillos, en s cuevas ó sótanos, en las cisternas, en los acueductos, en la re-ocacion de las casas, y ha servido en esta época para toda la alba-ilería de la comunicacion que se construye debajo del Támesis, á ue llaman *Tunel*.

75 Para cocer la piedra que en Inglaterra da el *cimento-roma-*, han ideado los hornos cónicos, que llaman de *fundir* ó de *fuego ntínuo*, en los cuales el combustible se introduce mezclado con la edra de cal. Usan para esto del carbon de piedra ú hornaguera; ero si hay depósitos de toba en las inmediaciones, usan de este mbustible, como se hace en *Radersdorf* en Prusia.

En 1796 *MMrs. Parker y Wgatts* obtuvieron una patente eal para la fabricacion del *cimento-romano*. Despues se han esta-ecido muchas fábricas del mismo género, y todas prosperan; pues, emas del gran consumo que hay en Inglaterra, esportan mucho ara el estrangero: de lo cual reportan inmensas ventajas, á causa que venden el metro cúbico á cien francos, lo que equivale á lo ismo que vender el pie cúbico español á ocho reales y medio.

76 *El cimento-romano* que hacen los Ingleses, tiene la propie-d de solidificarse casi instantáneamente, como el yeso, sea en con-cto con el aire, sea en medio del agua, cuando se amasa en pasta poco consistente, y sin que sea necesario mezclarle con ninguna ra sustancia; él adquiere una solidez mayor cuando está empleado el agua ó espuesto á una humedad constante, que cuando queda aire seco; en fin su dureza, que se aumenta con el tiempo, viene ser pronto igual á la de las piedras calcáreas: calidades que hacen ta materia estremamente preciosa para todas las construcciones hi-ráulicas, y sobre todo cuando los agotamientos ó desagües no son icilmente practicables. Pero es necesario mucha precaucion y des-eza tanto para su coccion, como para su empléo; pues de lo con-ario, no sirve para nada, perdiendo todas sus buenas cualidades.

La piedra calcárea, de que lo sacan, es muy arcillosa, compacta,

dura y tenaz, de grano muy fino, y susceptible de pulimento.

77 *Mr. Lessage*, Ingeniero militar frances, publicó, hace ya mucho tiempo, una Memoria muy detallada sobre la composicion de una piedra caliza, y las propiedades de la cal, que producía, en Boulogne sobre el mar. La composicion de esta piedra es aproximadamente la misma que la de la piedra inglesa; pero en Francia se ha dejado de beneficiar dicha piedra, porque no encontrándose sinó en cantos rodados sobre la orilla del mar, ha venido á ser muy rara, y el *yeso-cimento*, que proporcionaba, ha sido tan completamente olvidado, que se ha recibido con admiracion, y como una materia enteramente nueva, el *cimento-romano* que los Ingleses les principiaron á vender al hacerse la paz. Los Ingleses han establecido un depósito en Guernesey, de donde lo difunden por todas partes: las obras del puerto de Cherbourg consumen una gran cantidad de él. Pero como los Franceses tienen tanto interes en la prosperidad de su pais, han trabajado con mucho esmero para procurarse cales hidráulicas en su propio suelo. *MMrs. Saint-Leger* y *Giraud* han obtenido ya resultados felices, que han abierto el camino de esta útil fabricacion; se han hecho puzolanas artificiales, y se han ocupado mucho de las cales hidráulicas. En Meudon cerca de París, hay un establecimiento en que se hacen cales hidráulicas artificiales, de las que el metro cúbico se vende á 70 francos, lo que equivale á que el pie cúbico español cueste unos 6 rs. vn.

78 *Mr. Vicat*, despues de un estudio de cotorce años, ha clasificado todas las cales de Francia en cinco clases, á que él llama categorías: 1.ª *cales grasas*; 2.ª *cales flojas ó débiles*; 3.ª *cales medianamente hidráulicas*; 4.ª *cales hidráulicas*; 5.ª *cales eminentemente hidráulicas*.

79 Las cales *grasas* duplican de volúmen por lo ménos, apagándolas del modo ordinario; su consistencia no varía en el trascurso de muchos años de inmersion, y son aun disolubles hasta la última partícula, renovando el agua frecuentemente. La piedra caliza, de que resultan, se compone casi de cal pura, ó da lo mas de 1 á 6 por 100 de óxidos.

80 Las cales *flojas* ó *débiles*, como tambien las hidráulicas, aumentan poco ó nada de volúmen por el apagamiento; pero las primeras presentan en el agua los mismos efectos que las cales grasas, á ménos que no dejen en el lavado un residuo insoluble sin consistencia. La piedra caliza, de que resultan estas cales débiles, contiene de 15 á 30 por ciento de arenas.

Las cales *medianamente hidráulicas* se reunen en masa
nes de 15 á 20 dias de inmersion en el agua; continuando en-
riéndose, pero muy lentamente, sobre todo despues del sesto ú
o mes. Al cabo de un año, su consistencia es comparable á la del
a seco, y se disuelven en el agua con mucha dificultad. La piedra
a, de que se estraen, contiene de 6 á 12 por 100 de arcilla,
clada ó no con óxido de fierro, de manganeso y de magnesia.
2 Las cales *hidráulicas* toman consistencia á los seis ú ocho
de inmersion, y continúan consolidándose hasta unos doce meses:
abo de este tiempo, han adquirido una dureza semejante á la de
iedra blanda, y ya no las ataca el agua. La piedra caliza, de que
llan, contiene de 15 á 18 por 100 de arcilla, que puede estar
clada con las mismas materias estrañas, pero en que la sílice
e la preponderancia.
33 La *cal eminentemente hidráulica* se reune en masa, ó, como
le decirse, *fragua*, á los dos ó cuatro dias de inmersion; al cabo
un mes están muy duras y son completamente insolubles: á los
meses, presentan resultados análogos á los de las piedras calcá-
s absorventes, cuyo paramento puede cuartearse: los golpes hacen
ar pedazos en forma de astillas, que dejan quebraduras escámo-
La piedra caliza, de que resultan, contiene 20 á 25 por 100
arcilla, en que domina la sílice.
34 *Mr. Collet-Descotils*, en virtud de la análisis hecha de la
rga compacta de *Senonches*, ha deducido que *la causa de su*
piedad distintiva dependía de la gran porcion de sílice muy fina
contenía diseminada en la masa, y que llegaba á ser una cuarta
te ó 25 por 100.

Los óxidos de fierro y de manganeso parecen no influir notable-
nte en la solidificacion de las cales, que, ya sean grasas, ya flojas,
a hidráulicas, pueden teñirse variablemente de color oscuro, gris,
izo, blanco, &c. Por otra parte, resulta de las observaciones de
. *Minard*, que la propiedad de dar *cimento-romano* pertenece á
as las piedras calcáreas, aun á las que solo contienen un centési-
de arcilla. Basta para ésto, que su coccion ó calcinacion sea len-
y poco adelantada; de manera, que ciertas piedras de cal dan á
ntad *cimento-romano*, que se consolida en un cuarto de hora,
ento que no se consolida sinó en cuatro ó cinco dias, ó en fin, cal
sa. La piedra, para producir estas variedades de cal, debe per-
respectivamente ocho, doce ó treinta centésimas partes de su pe-
al cocerse.

Muchos esperimentos que *Mr. Minard* ha comparado, le hacen presumir, que el *cimento-romano* tan útilmente empleado en Inglaterra, no debe sus importantes cualidades sinó al *subcarbonato de cal*, producido por una calcinacion apropiada sobre un carbonato natural.

La cal hidráulica, de cualquier modo que se coloque en el agua, se debe consolidar en poco tiempo y adquirir una dureza mas ó ménos considerable, en términos que, si es conforme corresponde, no se pueden separar sus pedazos sinó á fuerza de pico. La cal hidráulica, espuesta al aire, toma poca consistencia y no es susceptible de recibir pulimento.

Mr. Girard-de Caudemberg, Ingeniero de Puentes y Calzadas de Francia, ha publicado en 1827 una noticia sobre nuevos morteros ó argamasas hidráulicas, que se obtienen con las arenas fósiles arcillosas; y en la pág. 61 deduce esta consecuencia. "Así, queda demostrado que la condicion necesaria para la existencia de una buena puzolana arcillosa, es *que la sílice se encuentre en ella aislada de los otros óxidos, y por lo mismo en un estado propio para formar combinaciones nuevas.*"

Y en la pág. 62, dice: "Las consideraciones, que preceden, me parecen por otra parte contener la *teoría racional* de las puzolanas arcillosas, que se puede enunciar muy generalmente como sigue: *la consolidacion de los morteros ó argamasas de puzolana sumergidos, proviene de la combinacion que se verifica entre la cal y la sílice por una parte, y entre la cal, la alúmina, y el óxido de fierro por otra.* Se sabe ademas, por esperimentos directos, que estas dos combinaciones gozan de la facultad de endurecerse muy rápidamente debajo del agua, ó lo que es lo mismo, de *formar un hidrate sólido en proporciones determinadas.*"

85 En Rusia han conseguido tambien descubrir una piedra caliza, que les proporciona una buena cal hidráulica, á que denominan *cimento-ruso.* El descubrimiento de esta piedra caliza se debe á *MMrs. Clapeyron* y *Lamé*, Ingenieros Franceses adjuntos al Instituto Politécnico de Rusia, que habiéndoseles encargado el buscar piedras de cales hidráulicas, encontraron un lecho que era parte de una vasta formacion calcárea de bancos horizontales, que reposa sobre areniscas cuarzosas micáceas; y segun ellos, daba un cimento preferible al cimento romano

Ingleses. Él es blanco, se solidifica un poco ménos velozmente; quiere en algunos meses sensiblemente mas dureza. Este descu-
o ha producido ya en Rusia una economía sumamente conside-

ble en los gastos relativos á las obras hidráulicas, para que se scaron los espresados criaderos.

La piedra, que *Mr. Lessage* ha examinado, de la que suminis- el cimento-romano de los Ingleses, da 44,6 por 100 de arcilla, n óxido de fierro y 55,4 de carbonato de cal.

La piedra de Boulogne daba 46 por 100 de arcilla y 54 de rbonato de cal.

La piedra caliza de Rusia contiene 38 por 100 de arcilla y 2 de cal.

86 Al ver la permanencia de algunos edificios construidos por s Romanos, y principalmente los puentes, se está por lo general a la persuasion de que poseían algun secreto para la fabricacion de s mezclas, argamasas ó morteros, y cuya memoria se ha perdido on el trascurso de los siglos. Yo no soy de esta opinion; ántes por l contrario, comparando los edificios que restan de su tiempo, con s muchos que debieron construir en su estensa y larga dominacion, ne parece que existen muy pocos respecto de los que debían quedar; e donde se debe inferir, que sus métodos de construccion no encer- aban ningun misterio, y que la permanencia de dichos monumentos, nas bien se debe á la casualidad de concurrir algunas circunstancias ocales. En efecto, los Químicos modernos habiendo analizado los morteros, argamasas ó mezclas de los monumentos que hoy existen el tiempo de los Romanos, han encontrado que no se halla en ellos a cal pura, sinó combinada con el ácido carbónico en una propor- ion igual á la mitad de la en que se hallan estas dos sustancias en el arbonato de cal ó mármol. Y he aquí de donde proviene en mi con- cepto la permanencia de algunas construcciones de los Romanos. La cal ejerce una cierta accion sobre el ácido carbónico, y posée una cierta tendencia ó combinarse con él; dicho ácido abunda mas ó mé- nos en la atmósfera en algunos parages, y va tambien disuelto mas ó ménos en las aguas. Siempre que las circunstancias locales hayan po- dido ser de tal naturaleza, que, construido el edificio, exista en la atmósfera ó en las aguas, la cantidad de ácido carbónico suficiente para convertir en carbonato de cal la costra esterior del mortero, ar- gamasa ó mezcla, como el carbonato de cal es de todo punto insolu- ble en el agua, y forma por sí una roca, resulta entónces que el edificio presenta una masa sólida, capaz de resistir á las injurias de los tiem- pos tanto como cualquiera de las otras rocas calizas.

Mas si las circunstancias locales no favorecen hasta el punto de convertir en carbonato de cal esta sustancia de la mezcla, que es di-

soluble en el agua, cederá mas ó ménos á la accion de este agente general; y ya sea por el agua contenida en la atmósfera, ya por la de las lluvias, ya por la que corre por los rios, ó está en los depósitos, irá poco á poco combinándose con ellas, y siendo arrastrada por las mismas aguas, desaparecerá de la mezcla con el trascurso del tiempo; y faltando á la obra la materia que une sus partes entre sí, resultará indefectiblemente su ruina mas ó ménos tarde, segun el grado de intensidad de las causas que á ello cooperén.

87 A esta propiedad se debe, en mi concepto, la constante observacion de que *echando cal sin apagar, ó como se suele llamar cal viva, en un estanque ó depósito de agua, que se rezuma, tapa las hendeduras y detiene la filtracion.*

De dos modos se puede esplicar este fenómeno. El agua disolviendo la cal, la lleva consigo y va pasando por las hendeduras; y evaporándose el agua, ó combinándose con otras sustancias, queda la cal en las mismas hendeduras y las tapa: y si al mismo tiempo se combina con el ácido carbónico ó con otras sustancias que la hagan insoluble, ó se convierte en lo que los Químicos llaman cal hidratata, formará una masa sólida que impide luego el paso del agua.

El otro modo con que se puede efectuar el fenómeno es el siguiente. Si el agua contiene ácido carbónico, este forma con la cal un carbonato; que aunque es insoluble en el agua, sin embargo, cuando esta contiene un esceso de ácido carbónico, se hace capaz de disolver al carbonato: en cuyo caso, el agua, llevando en disolucion el carbonato de cal, si al pasar por las hendeduras, bien sea el agua ó el ácido carbónico, se evaporan, ó se combinan con otras sustancias, se precipita el carbonato de cal que impide el paso del agua. Este fenómeno se observa con mucha frecuencia en las cañerías, que se obstruyen muchas veces, formándose en las paredes del conducto una costra de carbonato de cal, que con el tiempo disminuye muy considerablemente la capacidad que da paso al agua y obstruye algunas veces de todo punto el conducto.

88 De la Análisis hecha por los Químicos, y que hemos referido (§ 86), se ha deducido una consecuencia sumamente importante para las construcciones hidráulicas, á saber: *Que para este género de construcciones conviene, que al fabricar la cal, esté la piedra caliza ménos tiempo al fuego, á fin de privarla solo de la mitad del ácido carbónico*; de modo que en el dia, para las construcciones en el agua, lo que se hace primero es *elegir la piedra mas adecuada para dar la cal hidráulica que se pueda adquirir; po-*

á cocer en el horno ménos tiempo, á saber: como la mitad e se acostumbra, con el fin de no privarla de todo el ácido rico, sinó que le quede como la mitad del que tiene el car- ; y como en el carbonato de cal, la relacion en que se halla con el ácido carbónico es la de 128,75 á 100, debe cocerse dra hasta que contenga 128,75 partes de cal combinada con artes de ácido carbónico; ó hasta que en 100 partes en peso ha piedra á medio calcinar se hallen 72,03 partes en peso de 27,97 tambien en peso de ácido carbónico.

Esta cal, como sale del horno, se medio apaga, se revuelve lgunos granos gordos de arena ó guijo, y estando de este á medio apagar y á medio revolver, se echa inmediata- en la obra con el aparato que se suele llamar artesa ó ca- Belidor, el cual hace que caiga la mezcla ya muy cerca del para que el agua no se la lleve.

De este modo he presenciado yo la construccion de las cepas ientos de las pilas ó machones del puente de la *Mulatière* en , de que antes hablamos. Tambien he visto la misma construc- n varios puentes de alambre, cuya edificacion presencié sobre lano reunido ya con el Saone en diferentes parages, y principal- en Vienne.

erminarémos este punto recomendando la lectura de la *Memo- bre los conocimientos actuales de las materias propias para rmacion de los morteros y argamasas calcáreas que se em- en la construccion de las obras civiles é hidráulicas, por quitecto don Mariano del Rio, mandada imprimir y publicar Real Academia de San Fernando en* 1830; y el *Tra- de hacer los morteros ó argamasas por el coronel Romcourt arleville, impresa en Paris año de* 1828.

Yo he sido siempre muy español en toda la estension de la a; y cuando esplicaba á mis discípulos, en el Real Seminario bles, la fortificacion, ataque y defensa de las plazas, teniendo s de que para fortificar á Cádiz, se había traido puzolana eyno de Nápoles con gastos muy estraordinarios, les refería lo ce Taramas en la nota (10) de su obra, relativo á encontrarse olana en Cataluña; y yo les añadía por otras investigaciones s, que tenía noticias de hallarse tambien en S. Felipe de Já- el Reyno de Valencia: con lo cual los exortaba á que hicie- lagaciones por sí mismos, pues no podía ménos de hallarse en ferentes y variadas creaciones geognósticas como presenta nues-

tro pais, no solo la misma puzolana, sinó otras sustancias
se pudiese reemplazar su uso, y conseguir la construccion
obras acuáticas con igual solidez, mayor economía, y sin sal
ro fuera del Reyno. Estas idéas, que jamas he olvidado, y
bias, juiciosas y oportunas máximas que aprendí, al oir las
ciones de Mineralogia de mi apreciable amigo *don Donato*
Profesor acreditado de esta ciencia en el Real Muséo de
con las que infundía en sus discípulos el deséo de fijar su co
cion en las sustancias minerales de utilidad general, de tal
dominaban mi espíritu que, al presenciar las construcciones,
acabo de hablar, tuve muy buen cuidado de examinar dichas
ciones, y de proporcionarme muestras de la espresada cal hi
ca. La que existía en los parages donde se ejecutaban las ob
taba ya cocida; por lo que rogué á *don Luís Bautró*, jóve
ñol sumamente apreciable, empleado en la direccion de la
del mencionado camino de fierro, me proporcionase algunos
de la piedra de que hacían aquella cal, segun salía de la
El espresado jóven cumplió perfectísimamente dicho encargo
me remitió tres pedazos muy adecuados para que yo forma
completa idéa.

En efecto, la cantera, constando de dos betas unidas, de
una era blanquizca y otra un poco gris, el mencionado jóve
el acierto de remitirme un pedazo de la parte gris; otro de la par
beta en que se une la gris á la blanquizca, y otro de la parte blanq

La cantera se llama *cantera de forge*, cerca del pueblo
en la ribera del Ródano, comun de Vivier, departamento del
che. El nombre bajo el que distinguen esta especie de cal en
distrito es *Teil*.

91 Deseando yo manifestar al público los caractéres de
piedra caliza, presenté dichos ejemplares al citado Profesor *d*
nato García; y despues del correspondiente exámen, nos co
mos de que las tres eran lo que en Mineralogia se llama *co*
pacta argilífera ó sea *margosa* ó *marga compacta*. Las tre
á marga; su estructura es compacta; su fractura es entre co
é igual, con grano basto. Los demas caractéres son los del de
nato de cal, habiendo hecho efervescencia en el ácido nítrico
ejemplares.

92 Mi fin, al traer estos ejemplares, era el comparar
las cales hidráulicas que pudiesen encontrarse en España, y
palmente con las que yo habia reconocido en Guipuzcoa. En

ando yo recorrí dicha provincia en los años de 1824 y 1825, en da ella encontré minerales, que me presentaban caractéres de cales dráulicas; y que ademas reunían otras apreciables cualidades como su tiempo manifestaré si logro concluir mis reconocimientos, en- yos é investigaciones; de que resultarán, sin disputa alguna, los rocedimientos que se deberán emplear para sacar algun provecho de que allí no produce actualmente ninguna utilidad.

93 Todo lo manifestado hasta aquí, es relativo á indicar los edios, de que se han valido los hombres para remediar el inconve- ente que presenta la cal, por su propiedad de disolverse en el agua; todo el artificio que se ha tratado de conseguir con la *puzolana* ntigua, con lo que los Ingleses llaman *cimento-romano*, los Rusos *imento-ruso*, y los Franceses *cales hidráulicas*, no tiene otro objeto ue el de hacer que, dentro del agua, las argamasas adquieran la nsistencia de las rocas, ya convirtiéndose dichas argamasas ó su stra esterior en *carbonato de cal* ó en lo que los químicos llaman *l hidratada*, para conseguir la misma permanencia; pero sobre es- particular aun no se tienen los suficientes datos, teóricos ni prác- os, para proceder con absoluta seguridad. Los Ingenieros aconse- , al manifestar el modo de hacer uso de las cales hidráulicas, e se deje salir de los cajones una gachuela que se forma, sin duda la parte de cal soluble, ó que se halla en esceso, para que esta se interponga entre las capas de la mezcla hidráulica; pero los ijeros, que á este efecto aconsejan que se hagan en los cajones ndo se edifica en agua corriente, ó el uso de las bombas para es- er esta gachuela cuando se edifica en aguas estancadas, es insufi- nte en mi concepto. Luego no se puede ménos de considerar de la yor importancia el exámen atento y circunstanciado sobre si hay os medios de construcciones hidráulicas, que nos liberten de tantos sgos é incertidumbres; y esto es lo que nos hemos propuesto.

94 Ademas, juzgamos necesario especificar otros verdaderos in- venientes, que en nuestro concepto, tiene la construccion de las as hidráulicas en el dia, y que se evitan por el medio que propon- mos.

95 1.° Cuando las obras se hacen de tierra y piedras, las tier- s, bien sea en disolucion ó suspensas en el agua, son arrastradas r este liquido; las chinas que hay siempre en la tierra, se intro- cen entre las piedras, y haciendo oficio de polines ó rodillos, ori- nan el que la piedra resbala con facilidad, á poco que sea el im- lso del agua, y queda destruida la obra.

Cuando esta se hace con piedra seca, la arena que
s aguas, particularmente en las avenidas, se introduce
dras, sirven de rodillos ó polines, y resbalando las unas
ras, queda destruida la obra.

Cuando esta se hace de albañilería, la cal se disuel-
a; y al cabo de cierto tiempo, queda la arena sola, que
es de rodillos ó polines causa el mismo efecto de ántes.

Aun cuando la costra esterior se sature de ácido car-
rme un carbonato de cal, que sea perfectamente insolu-
suceder que los golpes de los maderos ó árboles que ar-
rriente en las avenidas, ó cualquier otro estremecimiento
años, originado por temblor de tierra, tempestad &c.
n la obra falte la continuidad en algunos parages, for-
as, por donde se introduce el agua en lo interior, ya por
en el momento, ó ya despues por la accion capilar; y
mezcla interior, no está carbonatada la cal, se disuelve
y al cabo de cierto tiempo, quedan solo las arenas y
odillos, produciendo el efecto que anteriormente hemos

El agua, introduciéndose por las grietas de la fábrica,
presion, ó por la accion capilar, si sobreviene una hela-
las partes de la fábrica y la obra queda destruida.

como aun cuando se haga uso de las mejores cales li-

rage donde no le haya, como para construir los fundamen-
s cimientos, y las demas partes de las obras, imitando á la
raleza en sus operaciones. Con lo cual se evitan todos los
venientes indicados en el capítulo segundo, y ademas se consi-
tanta duracion como la que tienen las rocas naturales.

02 Para dar á conocer la serie de raciocinios, que me han
ucido á este descubrimiento, debo recordar, que, segun indicó
arios parages de mis obras, mi digno Catedrático y adorado
go don Antonio Varas y Portilla, que, como Director de Mate-
cas en la Real Academia de San Fernando, ejerce el cargo de
inador de los Arquitectos, Maestros de Obras &c., y por con-
ente se halla con mucha frecuencia en el caso de meditar sobre
plicaciones de las Matemáticas á todo género de construcciones,
elinearme el rumbo que yo debía seguir en mi carrera, me in-
s del modo mas eficaz, que, *para las ciencias de aplicacion*, y
especialidad para *las construcciones, era preciso reunir á los co-*
nientos matemáticos el concurso de las Ciencias Naturales y
cas. Por esta causa, frecuenté cuantas cátedras han existido en
rid en mi tiempo sobre tan interesantes materias. Así es que,
ues de aprendida la Física con *don Joaquin Gonzalez de la*
z, asistí á las lecciones de Mineralogía de *don Cristiano Her-*
á las de Química de *don Luis Proust*, y á las de Botánica
don Antonio Cabanilles y de *don Francisco Antonio Cea.*

03 En el intérvalo que medió entre 1808 y 1814, absorvió
mi conato el atender á la guerra de la independencia; sin em-
o, el haber sido destinado á los mistos de Artillería de la pla-
e Cádiz, me obligó á poner en ejecucion muchas teorías, segun
o en el prólogo de la segunda edicion del Tomo 2.° parte 2.ª
mi Tratado de Matemáticas; y esto me confirmó prácticamente
ue mi respetabilísimo Maestro me había tantas veces aconsejado.
lo cual, concluida la mencionada guerra, volví á continuar mi
téncia á las cátedras de Mineralogía, desempeñada por *don Do-*
García; de Botánica por *don Mariano Lagasca*, por *don Vi-*
e Soriano y por *don José Demetrio Rodriguez*; de Agricultu-
por *don Antonio Sandalio de Arias*; de Física y Química
don Juan Mieg, y de Química general por *don Andrés Alcon.*

04 Al viajar despues por el Estrangero, he procurado no so-
sistir todos los lunes á las sesiones del Instituto de París, sinó
uantas cátedras hay en dicha Capital sobre las partes sublimes
las Matemáticas y de las Ciencias Naturales y Físicas en los fa-

mosos establecimientos de la Sorbona, Colegio de Francia, Jardin de Plantas, Ateněo, Escuela de minas y Conservatorio de Artes y Oficios.

105 Con esta reiterada asistencia, y con la amistad que procuré contraer con gran parte de tan sobresalientes Profesores, no trataba de aspirar á imponerme en todos los detalles de las espresadas Ciencias, sinó llegar á percibir su enlace y puntos de contacto, para las aplicaciones de las Matemáticas, contrayéndome en particular á las que son mas necesarias en las localidades que presenta nuestra Península.

106 Al oir la esplicacion que se acostumbra dar acerca del orígen de nuestro Globo, y las opiniones de los *Neptunistas* y *Vulcanistas* *, es decir, de los que opinaban que la Tierra se había formado estando en disolucion en el agua las materias, y de los que decían que habían estado fundidas ó derretidas por el fuego; yo prescindía de la cuestion, que ellos tenían por principal, y contrayendo á mi objeto los hechos positivos en que se apoyaba aquella doctrina, concebía yo la posibilidad de realizar mi idéa en la mencionada construccion; pero aun no había reunido suficientes datos y hechos para convencerme hasta el punto de la evidencia.

107 Aunque en todas estas cátedras se hacían aplicaciones, esperimentos, &c., sin embargo, juzgué que era todavía necesario visitar los mismos establecimientos, donde se hacen en grande dichas aplicaciones; y no siendo suficiente para adquirir todas las nociones de práctica, los viages de tránsito que había yo hecho por Francia y por Inglaterra, destiné el último periodo de mi permanencia en el Estran-

* El artículo inserto en la pág. 407 del tomo 34 del *Diccionario de Ciencias Naturales*, impreso en 1825, traducido á la letra, dice así: *Neptunianos* ó *Neptunistas* (*Geol.*). Esta es una de aquellas denominaciones bastante impropias, que se dan á ciertos Sabios; y en el caso actual se aplica á Geólogos, á quienes se atribuye la opinion de que todas las rocas, que no han sido evidentemente fundidas, son el producto de una disolucion ó de un sedimento acuoso; se aplica principalmente á los que han admitido para el basalto y las rocas que les son subordinadas, un orígen semejante. Muchos discípulos de la escuela de Freyberg, bajo el ilustre *Werner*, habían adoptado esta manera de ver, y la habían hecho casi esclusiva. En la actualidad, no solamente la mayor parte de los Geólogos, sinó aun los de esta misma escuela, abandonan esta idéa, que no nos parece inexacta sinó cuando se hace demasiado general, para caer en la hipótesis opuesta de atribuir la formacion de casi todas las rocas cristalizadas y duras á la accion de la fusion ígnea. En este último caso, se les llama *Vulcanistas* y aun *Plutonistas*, segun estienden mas ó ménos léjos la influencia de esta accion. *Mr. Daubeny*, jóven Geólogo ingles, se ha entretenido en formar una escala, como termométrica, del calor mas ó ménos vivo con que cada Geólogo ha sostenido la una ó la otra hipótesis.

ro, para reconocer todas las obras y establecimientos que mas conon podían tener en promover la prosperidad de mi pais: y con ese nico objeto emprendí un viage hácia la parte meridional de Francia, despues otro á la parte nordeste, á la Bélgica, y á la Holanda.

108 Contrayéndome á esponer aquí lo que mas relacion tiene on este asunto, diré que formó una parte muy esencial de mis obseraciones, el examinar los hornos altos que, para la fundicion del erro, existen entre Saint-Etienne y Lyon, y muy particularmente los stablecidos en *Terre-noire* cerca de *Saint-Etienne*. Allí noté, que s escorias de la fundicion del fierro salen del horno en estado líquido fundido; que corren un cierto espacio y despues se coagulan ó solidian; y tuve muy buen cuidado de observar que la escoria que salía da vez, se incorporaba con la que había salido anteriormente forando una sola masa; y que para quitarla de allí, cuando era necesa, la tenían que hacer pedazos, porque formaba una especie de roca, la que conservo algun pedazo.

109 Tambien advertí que el fierro de primera fusion salía y se aservaba fundido, esto es, en estado líquido, mas tiempo que la oria: lo cual me afirmó ya mucho en mi idéa, pero aun me faltaba egurarme mas.

110 Muy lisongeado ya con esta esperanza, recorrí á pie tos las obras del camino de fierro que se estaba entónces haciendo tre Saint-Etienne y Lyon, bajando á todos los taladramientos de ntañas, y subiendo á todos los terraplenes; asistí en medio del á la construccion de los machones del puente de la Mulatière Lyon, y yo mismo estuve tirando de la cuerda para clavar los otes en medio de la corriente, vaciando tambien por mí mismo caja de *Belidor*, modificada por *Vicat*, para echar la mezcla dráulica, que allí llamaban *beton*, presenciando todas aquellas eraciones, y comparándolas con los procedimientos que yo combiba en mi cabeza, usando de materias fundidas para suplir todas uellas complicadas y costosísimas operaciones: en términos, que í vine casi á decidirme, estando en medio del rio, aunque todaa necesitaba examinar y comparar algunos otros hechos. Las miseas observaciones hice al examinar las obras del arsenal de Tolon, s del puerto de Marsella, y una multitud de puentes colgantes, heos de alambre, que se estaban entónces construyendo, y con espelidad el de *Vienne* sobre el Ródano, que lo reconocí sumamente spacio, descendiendo hasta el nivel del agua en el machon ó pila e tenía en medio, y subiendo hasta su punto mas alto para ob-

[illegible] hechos con alambres, y ya [illegible] en mi interior del buen éxito de la [illegible] que tan asiduamente premeditaba. [illegible] susceptible de estender [illegible] construcciones, me decidí á recorrer la Bélgica y [illegible]

[illegible] fenómeno en las escorias del horno [illegible] del hierro, habia en el establecimiento que [illegible] y al reconocer las magníficas y costosísimas [illegible] de Amberes, Roterdám, Leiden, Amsterdam, la [illegible] me llegué á confirmar en que mi nuevo método era [illegible] género de construcciones; y desde aquel instante formó [illegible] de mi meditacion: de modo que, en todas [illegible] yo me hallase, cualesquiera que fuesen los asuntos que [illegible] pudieran llamar mi atencion, mi espíritu solo se [illegible] esta importante materia: y este es el orígen de una es[illegible]tracion que han notado en mí las personas que me tra[illegible]mitad; pues, en efecto, por interesante que fuese la ma[illegible]tula en mi presencia, jamas llenaba del todo mi alma, [illegible] siempre en mi idea predilecta de la mencionada [illegible]

[illegible]nque yo habia observado que las escorias de los hornos [illegible]

o de su misma casa para fundir las piezas que él necesitase.
e me proporcionó hacer algunos ensayos para confirmarme en
éa. En efecto, con la recomendacion de *Mr. Saulnier* y con
s gratificaciones mias á los operarios, entré allí diferentes
andando por todas partes y observando todo lo que me con-
, sin que nadie me dijese nada.

4 Cuando el fierro fundido lo echaban en los moldes, queda-
uido por mucho tiempo; yo iba introduciendo un clavo en la
superior de los moldes, y observé que el clavo se traía cada
a parte de la fundicion de fierro; lo que ya probaba que el
dulce, como era el del clavo, se adhería y formaba una mis-
asa con el colado, puesto en contacto con él; de modo que
cioré de que si, en vez de retirar el clavo, lo hubiera de-
umergido, al endurecerse ó coagularse el fierro fundido, hu-
quedado el clavo, formando una masa sólida con él. No lo
porque esto era perjudicial á la pieza fundida, y porque no
llamar la atencion: pero lo que sí hice, fué introducir el
clavo, despues de pasado algun tiempo, en los moldes que
iesen fierro fundido de otra fusion posterior, á fin de observar
erro fundido que estaba pegado á la punta del clavo, pero ya
l introducirse en el fierro fundido despues, formaba una mis-
asa. Y observé que sí, esto es, que, introduciendo la punta
avo en un molde, volvía á adquirir otra porcion de fundicion
ro, que formaba una misma masa sólida con la anterior, y
á introducir en otro molde, volvía á adquirir otra porcion,
lo repetí hasta un cierto número de veces: lo cual lisongeaba
píritu de un modo muy estraordinario; y era indispensable
prudencia, para que no dejase yo conocer mi gozo interior.

5 No bastaba esto para confirmarme de todo punto en mi
niento; y con muchos rodéos, y ofreciendo pagar la fundicion
desperdiciase, y ademas gratificar á los operarios, pude con-
que en un parage cualquiera del establecimiento, donde yo
tudio, aunque aparentando que no lo había, puse algunas chi-
pedazos de fierro dulce y de fundicion, echasen una porcion de
fundido. Lo echaron en efecto, y observé que las piedras ha-
ubido por su menor peso específico á la parte superior, y que
aquellas materias se habían adherido bastante bien en la parte
estaban cubiertas del polvo, ó arenilla que había en el suelo.
en que, al sacar otra fusion, volviesen á derramar una cierta
n encima de la primera, y observé que todo formó una masa

sólida, que habiéndola pagado, me la traje conmigo y la conservo.

116 Esto ya me confirmó, sin que me quedase la mas mínima duda; y aquel mismo establecimiento me suministró la idéa para el horno portátil que yo propongo para hacer la fusion en las mismas obras. Allí había dos hornos altos, pero en pequeño, que tendrian por la parte esterior como unos 3½ pies de diámetro, y unos 10 pies de altura, cubiertos con hoja de fierro; para comunicarle el aire, se hacía uso de unos fuelles, movidos por una ó dos caballerías; y desde aquel mismo instante, discurrí que, para efectuar la fundicion de las materias en las mismas obras, podría servir un horno de aquella forma que fuese portátil, esto es, que sus partes se pudiesen separar con el fin de trasportarlas fácilmente, y colocar ó armar el horno en un carro, lancha ó gabarra para acercarlo al parage donde conviene echar las materias fundidas; y para dar el movimiento á los fuelles, una rueda de clavijas movida por hombres, como lo representa todo la (fig. 66) *.

117 Ya estaba yo perfectísimamente convencido de que no podía ménos de tener buen éxito mi pensamiento aun dentro del agua; pero todavía no tenía ningun esperimento directo que lo comprobase. Yo concebía que lo único que podría suceder era el que parte del agua se convirtiese en vapor al tiempo de caer las materias fundidas; pero no omití medio ni diligencia para hacer semejantes ensayos. A pocos dias de entrar en España, visité un martinete de cobre, que tiene *D. N. Duciols*, en Tolosa de Guipuzcoa; presencié una fusion, y le dije si tendría inconveniente en derramar un poco de cobre fundido en una vasija con agua. En un principio tuve reparo, temiendo alguna esplosion; pero este apreciable sugeto, reuniendo á su mucho espíritu, el mayor deséo de agradar, se resolvió á verificarlo; y en su consecuencia, pusimos un caldero de agua en un parage arrimado á la pared no muy distante de la puerta; yo eché con disimulo en el caldero un puñado de arena; el *señor Duciols* tomó en un cazo de un mango muy largo una porcion de cobre fundido; convinimos en que se resguardase dentro de la puerta, y los demas circunstantes, entre quienes se hallaban el *señor Conde de Villafuentes* vecino de la misma ciudad de Tolosa, y el *señor Conde de Robres* que lo es

* La fábrica interior del horno me parece que se podría efectuar de una sola pieza con la piedra que designan con el nombre de *loca* en Ballecas, que tiene la propiedad de ser muy refractaria, y de cortarse como el jabon al salir de la cantera. Mas si la esperiencia diese á conocer que esta no era bastante adecuada, no había mas que disponer el horno interiormente, como los de la fundicion próxima á la casa de Mr. Saulnier en París.

Zaragoza, nos retiramos á una cierta distancia. Verificado el der-
e del cobre fundido en el caldero de agua, no produjo mas efec-
ue un gran borboton de vapor, que hizo salirse parte del agua
caldero. El cobre fundido, con el movimiento del pulso y el del
ero, no formó una masa sólida sino una especie de granalla; pe-
n la cual se advirtió que dicho metal cubría y se amoldaba so-
algunos de los granos de arena, que era el efecto que yo de-
a observar.

18 Convencido ya de que las materias fundidas se amoldaban
brían á lo que existía debajo del agua, formando un todo, es
r, una sola masa, únicamente me restaba esperimentar si las
erias fundidas y solidificadas dentro del agua, formaban una so-
nasa cuando sobre ellas se volvian á echar materias fundidas. Se
proporcionó la ocasion de hacer este esperimento en la Escuela de
as de Madrid en este mismo año de 1831. En efecto, yo había
do la satisfaccion de conocer en París al Catedrático de Química
cada á la Docimasía don José Duro, y á su Ayudante don Ma-
Gonzalez Arnao; y habiendo yo asistido á esta cátedra todo
empo que he permanecido en Madrid, un dia que se trataba de
ar granalla de zinc para los usos del laboratorio, manifesté mis
os de hacer un esperimento; y el dignísimo Catedrático, ya ci-
, accedió en el mismo instante.

Se llenó una pila de agua; y en el fondo eché arena, pedazos de
y ladrillo, y algunas piedrezuelas y astillas de madera que en-
ré en el jardin. Se echó encima el zinc fundido; y siendo poca
rena en comparacion del fondo de la pila, al caer el zinc, hizo
dichas materias resbalasen, por lo que no formaron cuerpo con
inc. Para evitar el que se desparramasen las espresadas arenas,
ras, &c., &c., las eché dentro de un almirez de fierro colado,
ser corta la cantidad de zinc, que se podía fundir; metí el almi-
con la arena, cantos, pedazos de ladrillo, teja, astillas de ma-
, &c., debajo del agua; hice derramar el zinc fundido en tres
s, para observar si formaba despues una masa sola. Echada la
nera cantidad, noté que el zinc había quedado cubriendo las pie-
s y la arena, cascos de teja, &c.; pero no se verificó el que las
esadas materias subiesen por su menor peso específico, segun de-
verificarse. Esto provino de que era corto el espacio y pequeña
antidad de zinc, y de que este metal se coagula muy pronto den-
del agua, pero no me queda duda de que con el cobre y con el
o, con el bronce y con otras aleaciones ó ligas, se producirá di-

cho efecto, que es de suma importancia para nuestro intento. Un rato de cierto tiempo, se derramó de nuevo otra porcion de mismo líquido sobre la anterior, la cual quedó adherida á la primera porcion. Pasado otro rato, se volvió á echar la tercera porcion, la cual quedó perfectamente adherida á la que ya existia; y sacado fuera el agua, se advirtió que todo formaba una masa sólida; por la parte inferior se ven las piedras sujetas por la masa de cinc, y esta parece como si se hubiese hecho de una sola fusion. Con lo cual, ya no me queda la mas mínima duda en que por este medio se pueden obtener los mas sólidos cimientos ó fundamentos en el agua, sin ninguno de los costosos requisitos que hemos anunciado en el capítulo I. Y siendo esta la primera dificultad, que ofrece todo género de construccion hidráulica, resulta conseguido ya nuestro objeto.

119 Indicada ya la base fundamental, ó el principio de mi nuevo método, son muy fáciles de inferir los medios de ejecucion que mejor convengan á las circunstancias locales; y estoy seguro de que, á cualquiera de las personas destinadas á este género de construcciones, les ocurrirán idéas felices para poner en práctica mi pensamiento. Sin embargo, como, á primera vista, podrá suceder que el lector se aterre ó espante, juzgando que esto será demasiado difícil y costoso, debemos ante todas cosas disipar este terror ó prevencion.

Con este objeto, debemos observar que nuestro nuevo método de construccion de obras hidráulicas se reduce únicamente á dos cuestiones: 1.ª *Encontrar en cada parage, donde se haya de construir, las sustancias que puedan fundirse, y ser adecuadas para producir lo que se apetece*; 2.ª *proporcionarse el combustible necesario para fundir las espresadas sustancias.*

120 1.ª *Cuestion.* En cuanto á la primera, debemos observar que como en el dia todas las sustancias, sean tierras, sean piedras, sean metales, son fusibles, y estas se hallan en todas partes, pues todo terreno se compone de dichas sustancias y no de otras, resulta que en todas partes se encontrarán los materiales para esta nueva construccion, casi al pie de la misma obra que se trata de ejecutar. Por consiguiente, lo relativo á esta cuestion, se reduce *á investigar cual es la aleacion ó aligacion mas conveniente, entre las que se hallen en cada localidad donde haya de construirse, que presente el máximo de ventajas.* Para esto, es necesario determinar de antemano, por esperimentos sintéticos, cuales son en general las aleaciones ó aligaciones que puedan ser mas adecuadas, para despues elegir aquella que pueda ser mas conveniente en cada parage, tanto

razon de la economía, como por la solidez, duracion, &c., &c.

Los esperimentos directos que convendría practicar con este mo-, se reducen á los que conduzcan á la solucion de este problema: *terminar, por la via esperimental, cuales son las aleaciones ó aciones que resultan de la combinacion de las diferentes sus-cias metálicas* (hablando en el lenguage de los Químicos, y com-ndiendo en ellas por consiguiente todas las tierras y todas las ras), que presenten en el mayor grado posible las propiedades ientes: *fundirse pronto; conservarse mucho tiempo fundidas a del hogar, para que puedan penetrar en estado líquido por lio del agua y las arenas, ocupando todos los intersticios de s; no ser agrias ni quebradizas, sinó que tengan una cierta tilidad, tal que las hagan ceder á cualquier choque, sin que esto falte la continuidad en toda la masa; que la dilatacion produce el calor, y la contraccion que origina el frio, no ha-desunir las partes; y que ademas, estas ligas ó aleaciones lo ménos alterables al contacto del aire y del agua, poseyen-la mayor tenacidad.*

Aunque algunas de estas propiedades podrán aparecer contradic-as, sin embargo, si se atiende á los progresos que las Ciencias de rvacion, auxiliadas por el cálculo, han hecho en estos últimos pos, se concebirá fácilmente que podrá encontrarse una tal com-cion en cada localidad, que satisfaga á las necesidades en la tica. Para convencerse de ello, bastará observar que las sustan-que los Químicos reconocen en el dia como metales llegan á 38. lescartamos 4 de estas sustancias, que no se pueden alear ó com-r, nos quedan 34. Estas 34 sustancias, en virtud de la fórmula (§ 299 del Tomo 1.° parte 1.ª del T. E.) se pueden combinar ó r de 561 modos diferentes tomadas de dos en dos; y como en ia solo se conocen cuando mas 140 de estas aleaciones, es de sumir, que en las 421 que no se conocen, se hallen algunas que proximen lo necesario á las circunstancias espresadas, al ménos el grado que se pueden necesitar en las aplicaciones ordinarias.

Si hallamos el número de combinaciones que la misma fórmula para las de 3 en 3, resultan 5984; de estas se conocen en el un número muy inferior al de las binarias ó tomadas de 2 en 2; go en las muchas que hay desconocidas, es probable se encuentren unas que poseán con cierta aproximacion las circunstancias es-sadas.

La misma fórmula da para las combinaciones ó aleaciones de

presadas sustancias, tomadas de 4 en 4, el número 4
los Químicos aseguran que apenas se pueden citar las
taternarias, se deduce que en un número tan considera
esconocidas, podrán encontrarse algunas que reunan ap
te las circunstancias enunciadas.

o han llamado todavía la atencion de los Químicos, l
ones quinarias ó que contengan las sustancias metálica
de 5 en 5, y mucho ménos las de 6 en 6, las de 7 e
nosotros, con el fin de manifestar la posibilidad de e
s que reunan aproximadamente las circunstancias en
á continuar este cálculo, para que presentándose bajo
vista la inmensidad de aleaciones que nos son desconoc
do en consideracion que cada una de ellas debe poseer
hasta cierto punto diferentes, se conciba la verdad d
ramos; y que, procediendo á ejecutar los competentes
tardará mucho en obtener algunos resultados que bast
acer el objeto que nos proponemos, segun las necesi
áctica.

n efecto, la misma fórmula, para las combinacione
, da. . . . . .
ombinaciones de 6 en 6 ascienden á. 1
le 7 en 7 á. 5
e 8 en 8 á. 18

as sustancias en la liga ó aleacion; mas si atendemos á que en cada
a se pueden variar al infinito las cantidades en que entra cada sus-
cia, nos veríamos en un compromiso algo serio para espresar por
meros la infinidad de infinidades de combinaciones ó aleaciones que
podrían formar atendiendo á esta variacion; de donde resulta la
andísima probabilidad que hay de encontrar en cada parage lo que
etecemos, al ménos con el grado que pueden necesitar nuestras ur-
ncias en la práctica.

En general, cuando se haya de edificar en seco por nuestro
ievo método, parece que convendrá usar de sustancias que sean las
mponentes aproximadamente de la roca ó piedras con que han de
rvir; pues esto facilitará la union de unas con otras; y resultando
ayor homogeneidad, se conciliarán mejor todas las circunstancias.

121 2.ª *Cuestion.* En cuanto á la segunda cuestion, que es la
proporcionarse combustible, deberémos observar, que desde que
hace uso de la *hornaguera*, *lignites*, *antracita* y *turba*, que
bundan mas ó ménos en diversas localidades, se tiene un grande
xilio para evitar el destrozo de los montes, y suplir su falta donde
los hay. Pero se debe tener en consideracion, que para este objeto
bueno cualquier combustible; y así pueden servir tanto los que aca-
mos de citar, como el carbon ordinario; y ademas, yo tengo discur-
o, que *si se mezclasen en porciones determinadas el carbon de*
a ó de piedra con pedazos de leña verde, ésta aumentaría la
mbustion; porque el agua que contiene la leña verde se descom-
adría y aumentaría la intensidad del fuego, del mismo modo que
verifica con el agua que los herreros echan con la escobilla en las
uas. Aquí importa poco que el carbon de piedra, turba, lignites
ntracita, sean puros ó impuros; y aun á veces se pueden sacar
atajas de que sean impuros; pues las materias que traiga consigo
drán servir en muchas ocasiones de fundente para las demas sus-
cias. A pesar de esto, aun podrá suceder que se considere la falta
combustible como un obstáculo entre nosotros; pues aunque tene-
s en muchísima abundancia carbon de piedra, como aparecerá en
obra que preparamos sobre la *Riqueza mineral de España*, no
án todavía espeditos los medios de estraccion y conduccion. Pero
se reflexiona, que para cocer la cal es preciso combustible, no se
drá poner en duda que habrá casos en que se necesite mas combus-
le para hacer la cal que entra en una masa de fábrica de un vo-
men tan colosal como se acostumbra por el método ordinario, que
ra la fusion de las sustancias necesarias para formar nuestra roca

ho mas reducida en su volúmen, y que resistirá mas que
ıs. Luego se debe inferir que, aun considerando aislada-
nestion, se necesite ménos combustible para fundir las
or nuestro método, que el indispensable para formar la
ıd de cal que se necesita en las construcciones ordinarias
do esto, pasemos á indicar por mayor el modo de proce-
una de las principales obras hidráulicas.

le fundar ó hacer los cimientos por este nuevo método
e de obras hidráulicas, cualquiera que sea la naturale-
no.

l caso mas desventajoso para fundar en el agua, segun
e todos los que se han ocupado de esta importante ma-
arece de lo espuesto en los dos capítulos anteriores, es
uelo sea cenagoso. Veamos lo que conviene en este caso
con toda solidez por nuestro método. No hay mas que
terias, cuyo grado de calor, despues de fundidas, sea
dan penetrar en el estado líquido por la espresada
llegar al fondo firme, que por precision lo ha de ha-
ó ménos profundidad. Cualesquiera que sean las mate-
on, con tal que tengan algunas sustancias metálicas, se
las de mayor peso específico que el fango y que las pie-
, cascajo, arena ó guijo que pueda encontrarse en di-

to, el peso específico del fango jamas se podrá suponer

ólido. Las espresadas materias fundidas se esparcirán á una ta distancia en el fondo en todos sentidos, y quedarán coa- ıdas en forma de cono mas ó ménos aplastado segun su na- ıleza. Dicho cono contendrá algunas piedras, arenas &c. en el lio, á los lados y á la parte superior; en términos que allí ıltará por este medio una masa sólida. Volviendo á echar ma- as fundidas, se irán coagulando sobre las anteriores, formando . masa sólida ó roca; la cual presentará tanto mayor obstá- ı al movimiento en cualesquiera direcciones, cuanto mayor sea su ı específico; y ademas, por tener su superficie la forma re- deada, presentará mayor dificultad á moverse por las oleadas scilaciones del agua ó del fango. Supongamos que *ABLM* (fig. 67) resente el corte vertical del parage donde se quiere fundar. Que ? sea el nivel superior del agua; *FG* el nivel superior de la a del fango; *HI* el de la arena móvil ó suelta, cascajo, pie- s ó guijo; y *LM* ya el terreno firme * que estará compues- ó de piedras trabadas por algun glúten, como representa la te *X*; ó por roca homogénea, como representa la *Y*; ó por arcilla ıpacta ó consolidada, como representa la *Z*.

Si suponemos que por el punto *a* se derraman las materias lidas, éstas, al tocar en el agua, convertirán en vapor una ta porcion, que es lo que representamos por la especie de nu- en *a*: y despues penetrarán como acabamos de espresar, en ıd de su mayor peso específico hasta el fondo sólido; hará se levanten las piedras sueltas, y se irá estendiendo en to- direcciones y ocupando todas las cavidades que haya en la e superior del terreno firme; y al coagularse ó solidificarse las erias fundidas, comprenderán en el medio, á los lados, y por ıarte superior algunas arenas, piedras &c., en términos que, al ıar de consolidarse las materias fundidas, presentarán la for- *mno*, que, si se le diese un corte por el medio, presenta- el aspecto de un pedazo de turron, y formaría una sola masa la, que no se diferenciaría en nada de lo que los Mineralo- ıs llaman *brecha ó pudinga* **: y cuya superficie esterior se-

Representamos indicadas estas capas solo en una pequeña parte al ıcipio, para que no resulte confusa la figura.

En efecto, los Mineralogistas llaman *brecha* á las piedras ó rocas ıpuestas de la aglomeracion de fragmentos ó trozos angulosos de otras ıras, diseminados sin órden en una pasta, glúten ó argamasa, cualquiera sea su naturaleza; y llaman *pudinga* á la piedra ó roca compuesta ıcipalmente de fragmentos redondos ó cantos rodados, no cristaliza-

feroídica mas ó ménos prolongada, y de cono mas ó
tado, segun sea la naturaleza de los cantos y el gra-
y peso específico de las materias fundidas: quedan-
sobre ella cantos y arenas sueltas, si estas se halla-
ndancia. Echando una segunda porcion de materias
esalojarán todo el fango y las arenas sueltas que ha-
quedar sobre la masa sólida mno, y resultará una
udinga hasta una altura, por ejemplo, como la $m'n'o'$
ra capa de materias fundidas, se llegará á formar una
hasta $m''n''o''$, ya se componga en parte de *brecha*
ya solo conste de las materias fundidas que se ha-
cado. Echando nuevamente materias fundidas, se eleva-
capa sólida que se halla debajo del agua, y estará
por ejemplo en $m'''n'''o'''$. Supongamos que á la quin-
se echen materias fundidas, la parte superior de la
ficada, se halle representada por $m^{\text{IV}}n^{\text{IV}}o^{\text{IV}}$, que está
gua. En este caso, teniendo ya una parte sólida fuera
sobre ella se puede construir en la forma ordinaria, y
nseguido nuestro objeto. Sin embargo, podemos conti-
ventajas por este nuevo método, practicando lo siguiente.
parte superior n^{IV} se puede colocar una masa ó pie-
no se necesita que esté labrada, y que pueden servir
ue se encuentran con mucha frecuencia en los terrenos

e si este fuese mas ventajoso en las localidades en que se
Si una sola piedra no es suficiente, se pondrán las nece-
para que formen una superficie horizontal con ciertos intér-
y en las junturas, se echarán materias fundidas: con lo que
ormará una masa sólida, la cual será tanto mas resistente,
las piedras presenten mas esquinas, porque de este modo se
mejor las unas partes con otras. Por manera, que aquí,
s ménos labradas estén las piedras, adquiere mas solidez
a: resultando por lo mismo en esta nueva construccion que
n á la par la economía y la solidez, únicos polos sobre que
girar todas las investigaciones, si han de producir la cor-
liente utilidad.

Un machon ó pila, como la que tenemos formada hasta *rt*,
á sin disputa alguna á todo género de esfuerzos, mas que una
ida por el método que se acostumbra en el dia, y que tuviese
sa lo ménos seis veces mayor: y no aventurarémos demasia-
segurar, que la nuestra resultará con mayor economía de gas-
ue el combustible necesario para fundir las materias sea mé-
e el indispensable para cocer la cal que ha de entrar en una
ménos seis veces mayor construida por los métodos conoci-
ales.

ego, aun en el caso mas desventajoso, nuestra nueva construc-
mas económica, mas sólida y permanente que la ordinaria.

Pero aun en este mismo caso mas desventajoso, se pueden
los gastos muy considerablemente. En efecto, formada la
base *mno*, que se estenderá en todos sentidos lo que se juz-
veniente, variando el punto de derrame de las materias fun-
tenemos ya una base sólida que mientras mas estensa y mé-
esa resulte, será mas sólida y ménos costosa: despues, ya
le proceder con mas economía del modo siguiente:

puede formar una especie de cajon ó molde, que tenga la for-
se quiera dar al machon, ú obra que se trata de construir,
rueso adecuado á la cantidad de materias que de una vez se
fundir. Este cajon podrá ser de chapa de fierro, ya sea fun-
a forjado, de madera ó de lajas de piedra en forma pizarro-
vidrio ó de cualesquiera otras materias fundidas, segun lo
porcione el pais; pero será muy conveniente el que sus juntu-
unan bien, y que haya varios agujeros en diversos parages.
ajon ó molde, si es de materias metálicas ó piedra, pesará
e el agua y que el fango; y dejándolo caer por medio de

cuerdas, á la manera que desciende la caja ó arteza de *Balido*, irá al fondo, no solo del agua, sinó tambien del fango; en término que descenderá y se aplicará sobre la roca artificial que han formado ya las materias fundidas de los primeros derrames; y si es de madera, en cualquiera de sus partes se colocarán materias metálicas ó piedras, hasta que se haga mas pesado que el agua y que el fango y pueda descender en los mismos términos de ántes. Conseguido esto se echarán piedras, cantos ó sustancias metálicas, hasta que el cajon ó molde se encuentre lleno sobre poco mas ó ménos. Entónces, se derraman las materias fundidas; las cuales formarán una masa unida con todo lo anterior; dentro del cajon resultará una brecha ó pudinga, y por las junturas y agujeros laterales, saldrán materias fundidas, que descenderán hasta la parte sólida de la roca artificial, y quedará el cajon sujeto en todos sentidos y formando parte de esta especie de machon ó pila, como representa *pqrs* en la misma figura 67. Si no hubiese ya fango, ó no fuese demasiado espeso el cajon, podría bajar lleno de piedras ó sustancias minerales, sostenidas por algunos travesaños en el fondo; y para disponerlo abajo del modo mas conveniente, podrán bajar lazos, en caso necesario, lo que facilitará la operacion. El objeto de esta especie de cajon ó molde, y de contener piedras ó minerales, no es otro que el de economizar las materias fundidas; cuyo ahorro será siempre de mucha consideracion y podrá llegar á ser la cuarta, quinta, sesta, &c. parte del total. Sobre este cajon se podrá disponer que se coloque otro, cuyas dimensiones vayan disminuyendo; y echando materias fundidas, resultará otra porcion de roca artificial, unida con la anterior y representada por *p'q'r's'*; continuando del mismo modo, y disminuyendo siempre las dimensiones de cada cajon, á fin de que la roca artificial, ó pila que resulte, vaya teniendo una escarpa en todos sentidos ó en donde mejor acomodase, y la pila ó machon resulte en forma de trozo de pirámide, ó tenga una forma *conoídica*, al cabo de cierto tiempo, llegarémos á tener una parte *i* fuera del agua, como se ve en la figura: en cuyo caso, se podrá seguir, bien sea el método ordinario de construccion, bien sea este segun se juzgue mas conveniente.

125 Si por las circunstancias particulares de las obras, se juzgase oportuno enlazar entre sí estos diversos pilares, podría efectuarse por uno de estos métodos. Si en el terreno inmediato hubiese lajas de piedra, que se pudiesen sacar con facilidad, como tengo yo reconocido en Guipuzcoa, en Asturias, en las vertientes del Loro-

a, &c., y resulta verificarse en casi todo el curso del Tajo, segun r Memoria de don Francisco Javier Cabanes, entónces se podrán car de la misma cantera pedazos de cualquier ancho, y de la lon- itud que convenga para llegar de un machon á otro.

Si no hubiese lajas de piedra de esta naturaleza, se harán bar- as de fierro fundido ó forjado, de bronce ó de cualesquiera ligas etálicas, que puedan resultar con mas conveniencia en la localidad nde se opera; las cuales no presentarán el inconveniente espresado (92); porque, como están debajo del agua, nunca pasan de un gran alor á un gran frio, ni al contrario; se pondrán ya estas barras, ya las piedras en cualquier situacion, pero que convendría mejor fuese n direccion horizontal, lo que se conseguirá en caso necesario por nedio de buzos, si esto es debajo del agua, ó haciéndolas descender or cadenas ó cuerdas, de modo que por la longitud que se intro- uzca en el agua se conozca que están en disposicion horizontal; y uego que se hallen en contacto con algunos puntos de los machones a formados, ó que no disten mucho de estos, se echan materias undidas hácia los estremos, que se procurará que tengan algunos gujeros ó muchas desigualdades para que traben bien las materias undidas, y formen una sola masa sólida como se representa en la nisma figura 67 por *fg*, que se supone dentro del agua, y por la *k* que suponemos ya fuera.

126 Para formar una idéa de la resistencia estraordinaria de ste género de obras, supongamos, que la parte de roca artificial que ormemos, tenga para mayor sencillez una base cuadrada, cuyo la- lo sea *b*, y que su altura ó grueso sea *c*; la cara que, en cualquier entido, se opondrá al choque del agua, tendrá *bc* por superficie. Supongamos que el peso específico de la masa que compone las ma- erias fundidas sea solo 6. Como las piedras, cascajo, arena, &c. que se unirán con ellas, formando brecha ó pudinga, tienen menor peso específico, resulta que el *mínimo* peso específico de la brecha ó pudinga artificial, lo podrémos suponer como 4,8. Esta roca, aun en el caso de no formar parte con el suelo, y que estuviese separa- da de él, podrá resistir (59) al impulso de una velocidad de agua que fuese la debida á la altura $H=\frac{b^2}{c}(P-p)$. Si suponemos uno de los casos ménos favorables, á saber, que sea $b=7$ y $c=14$, como $P=4,8$ y $p=1$, será $H=3,5.3,8=13,3$.

Esta altura produciría (§ 50 Mecán. Práct.) una velocidad de

esp. por segundo; y como la velocidad mayor del agua, nocido hasta ahora, es la del torrente originado por la ves, á causa de un volcan (tabla del § 59), que no lle- esp., resulta que, aun en este caso, nuestra construc- ona una resistencia superior.

r lo general, la superficie que se presenta al choque del ndo plana, sinó curva, no recibe tanta impresion por que; y en efecto, se sabe por los esperimentos de Ner- Mec. Práct.) que la esfera chocada por un fluido sufre a igual á la mitad que sufriría un círculo máximo. Aquí, uponer que sea esférica, pero podrémos reputar aproxi- que la resistencia que presente la superficie curva, sea erceras partes de la que presentará el plano: lo cual ya ja de mucha consideracion.

o es en el supuesto de que fuese una masa aislada y mas como por el entrelazamiento con las partes del , compone con él una sola masa sólida, resulta entónces a tan enorme, de que no se tiene una suficiente idéa; n punto á la solidez, casi puede asegurarse una resis- cien veces mayor que la necesaria.

cuanto á la duracion, se puede asegurar sin temor de que será mayor que la de las rocas inmediatas; pues en descomponer por el contacto con la atmósfera; y

fundar por el método anterior; las materias fundidas penetrarán
ta que no encuentren obstáculo ó lleguen á enfriarse ó coagularse;
mo no tienen ahora que atravesar la capa de fango, penetrarán mas
as materias fundidas y se esperramarán en mayor estension, ocu-
do las cavidades que dejen entre sí las arenas, de modo que re-
ará una especie de cepa como se representa en *mno* en dicha
68).

En este caso, podrá suceder que las materias fundidas no pene-
hasta el terreno sólido, si este se halla muy profundo, como se
ica en *fgh*; pero entónces el peso de la masa de brecha ó pudinga,
descansa sobre las arenas sueltas, las comprimirá de tal modo,
las convertirá en terreno sólido.

130 La otra circunstancia, que puede verificarse, es el recelar
el fondo se pueda ir socavando: en este caso, está reducido á
nder mas en todos sentidos la roca artificial, que se forme en el
lo para impedir que el socavamiento llegue á las inmediaciones
la pila, machon ó cualquiera otra obra que se construya. Y para
yor seguridad en un principio, y hasta que los hechos comprueben
no hay necesidad, como á mí me lo parece, se podrá practicar
de los dos métodos siguientes, ó algun otro análogo de los mu-
s que ocurran á los constructores.

El primer método que propondrémos, por separarse ménos de la
struccion actual, y ofrecer mayor facilidad en la ejecucion al pre-
te, es el de introducir en el suelo una especie de pilotes, bien sean
álicos, bien se compongan de piezas de piedra, á manera de lis-
es, fijas á la punta metálica de un pilote. Su forma podrá ser ó
mática ó circular, con aberturas rectangulares en los lados, y cu-
longitud sea proporcionada á las circunstancias locales. Al clavar
s pilotes, llevarán en las ranuras laterales una pieza metálica, ó
madera, para impedir que, al penetrar en el terreno, se intro-
can las arenas pequeñas en lo interior, y quede llena la cavidad.
clavarán á fuerza de mazo, en lo que no habrá gran dificultad:
por suponerse el terreno movedizo, y 2.° por ser los pilotes de
tas dimensiones, pues bastará por lo general que tengan de 4 á 6
gadas de lado, que la ranura sea de una pulgada, y la longitud
porcionada á las localidades.

El pilote, sin las piezas que han de entrar en las ranuras, pre-
ta el aspecto de la (fig. 69), y con las piezas que tapen dichas ra-
as, mientras se clavan, presentará el de la (fig. 70).

Introducido el pilote en la arena, y echadas las materias fundi-

aldrán por las ranuras laterales; se estenderán por tod
que dejen entre sí las arenas; y al cuajarse, formará
ó polinga en la forma que representa la (fig. 71). Y p
lotes mas ó menos aproximados, segun las circunstancia
a roca sólida, sobre la cual se continuará por los proc
ateriormente esplicados.

ponemos que hay una cierta capa de agua sobre la are
estos pilotes, será necesario empalmarlos introduciend
pieza de madera, como representa la (fig. 72), para ch
que la cabeza del pilote llegue á enrasar con el fond
ara, tirando por la parte superior; y al mismo tiemp
ocar las piezas que tapan las ranuras, asegurándolas á
almada.

e caso, conviene tambien que las materias fundidas esta
sustancias metálicas, y que conserven su líquidez el mayo
e, á fin de que se estiendan mas, y cada pilote venga á ar
mayor tamaño de que sea susceptible. En la superficie del
formará una roca artificial en cierta estension, de la mag
juzgue oportuna; la cual, enlazada con las cepas pa
s pilotes, formará una planta de roca sólida que podrá
ar los esfuerzos que se quieran, sin temer los riesgos de
nstrucciones.

ado procedimiento, que se podria adoptar, es echar lo

trarán hasta una cierta profundidad, como se representa en la mis-
a figura por *fgh*; y cargando despues sobre esta parte todo el peso
la roca artificial y obra que se ejecute, de tal modo comprimirán
arena suelta que haya en la parte inferior á *fgh*, que por ligero
e sea el terreno, lo vendrán á consolidar.

En este caso podrá ser muy conveniente el abrir un hoyo ó zanja
nde se vayan á echar las materias fundidas, para que penetren mas;
con este mismo objeto se hará que caigan de una competente altu-
para que, adquiriendo mayor velocidad, tengan mas fuerza para
roducirse por las arenas: tambien podrá usarse en este caso, para
nquilidad de los pusilánimes, de pilotes ó abrojos segun hemos
nifestado ántes.

132 Cuando no se recele que el fondo vaya disminuyendo, pues
que sucede generalmente es que el suelo de las aguas se va siempre
vando, como se verifica en el mar Mediterráneo por las observa-
nes directas que hemos referido en el libro 2.°, y se concibe fácil-
nte en todo el Océano por el depósito que acarrean en sus avenidas
rios, y como acontece generalmente en estos, pues su lecho siem-
va subiendo, hay suficiente con una cantidad menor de materias
didas sobre el fondo; pues bastará formar una masa sólida de
cha ó pudinga, mas ancha, pero ménos gruesa, y arreglada siem-
á las dimensiones que convengan al objeto de la obra. Por ejem-
, si el cimiento de esta debiese ser de la longitud *AB* (fig. 75), se
arían materias fundidas por una estension algo mas considerable
e la que ha de llevar el verdadero cimiento, como por ejemplo hasta
C, aunque sea superficial y de muy poco grueso; sobre ella se ele-
rá luego el cimiento, pila ó machon que se ha dicho, y representa
espresada figura.

Con el trascurso del tiempo vendrán mas arenas elevando el
elo, como por ejemplo hasta *FG*, las cuales, así como el peso del
ua que representamos hasta *LM* cargarán sobre la parte de roca
ificial que escede á los lados de los cimientos; y esta presion con-
buye á que la obra permanezca firme. Aquí lo mas que podrá suce-
r, es que se filtren las aguas por debajo de esta roca, pero no por
o vacilará la solidez de la obra; y dicha filtracion no causará nin-
n inconveniente, así como no lo causan las filtraciones por debajo
las otras rocas naturales, ó á través de las mismas rocas cuando
n calcáreas.

133 Si el terreno fuese firme, echando materias fundidas sobre
se consolidará con ellas sin dificultad. Entónces, despues de los

primeros derrames, para economizar las materias fundidas, se pondrán los cajones de que hemos hablado (124), y se continuará la obra por aquel procedimiento hasta fuera del agua.

Luego *queda manifestado el modo de hacer por nuestro nuevo método los cimientos de toda obra hidráulica en cualquier terreno que forme su fondo, con mas solidez y economía que por los métodos establecidos*; y como estando la obra ya fuera del agua, se pueden emplear los métodos conocidos, parece que hemos cumplido con el objeto que nos proponíamos. Sin embargo de esto, para mayor claridad, vamos á contraernos á casos particulares.

Construccion de un puente sobre un rio, arroyo, torrente, &c., por mi nuevo método.

134 Supongamos que se ha de hacer un puente en un rio de mucho declive, y que sus arenas sean movedizas. Este caso no se presenta en la naturaleza; porque cuando hay mucha pendiente, si el rio no tiene su régimen establecido, el fondo debe estar dotado de una tenacidad capaz de resistir á la corriente, y no ser de terreno tan movedizo como lo suponemos, para considerar el caso mas desventajoso. Supongamos que las dimensiones sean las del puente largo sobre el Jarama en el camino de Aranjuez á Madrid, cuya longitud, segun lo que espone Taramas, viene á ser de 1063 pies. La altura de las mayores aguas es segun el mismo 25 pies; la parte superior de los arcos es 30 pies sobre el suelo; y supongamos que se quiera construir en el mismo parage un puente por mi sistema, sin alzar ni bajar el camino de las avenidas del puente. Adoptando una construccion análoga á la del puente de Neuilly, debemos observar que, en dicho puente, la relacion de la altura total, desde el suelo al intrados de la clave, con el ancho, abertura ó luz de los arcos, es, segun los datos que hemos insertado (nota del § 7 de este libro), la de 6:19. Y pues no queremos alzar ni bajar el piso del puente, lo primero que debemos determinar es el número de arcos que convendría dar al que proyectamos.

Desde luego nos fijarémos para el grueso de las pilas ó machones en el de 5 pies; lo que es muy suficiente en mi construccion; y viene á ser el tercio del grueso de los del puente de Neuilly, y el tercio tambien de los del actual puente largo que tienen cinco varas.

En este concepto, pues que la relacion de la altura con el ancho, luz ó abertura del arco en el puente de Neuilly es la de 6:19, y aquí se quiere que la altura desde el suelo á la clave sea la misma que hoy tiene dicho puente largo, que es 30 pies, para en-

contrar el diámetro, luz ó abertura del arco que le corresponde, ó la distancia de machon á machon, formarémos la siguiente regla de tres $6 : 19 :: 30 : x = \frac{19.30}{6} = 95$; y hallarémos que la luz ó abertura de los arcos, deberá ser de 95 pies. Espresando por z el número de los arcos, pues que no le conocemos, se tendrá que $95\ z$ *pies*, espresará la salida de las aguas; y como el número de pilas ó machones es una unidad ménos que el de los arcos, estará espresado por $z-1$; y puesto que á cada machon le suponemos 5 pies de espesor ó grueso, el valor de lo que ocuparán todos los machones será $(z-1).5$; y como entre la salida y lo que ocupan los machones han de formar 1063 pies, que es la longitud de todo el puente, resulta que, para determinar z, tendrémos la siguiente ecuacion $95.z+(z-1).5=1063$; ó $95z+5z-5=1063$; ó $100z=1068$, que dá $z=\frac{1068}{100}=10,68$; es decir, que deberíamos tener unos 10 arcos y 68 centésimas de otro arco.

Repartirémos estas 68 centésimas en cada uno de los diez arcos; y dando 101,8 pies de abertura á cada uno de estos arcos, los diez darán 1018 pies para la salida de las aguas; y añadiendo 45 pies, por los nueve machones á razon de cinco pies, tendrémos los 1063, que corresponden á la longitud del puente.

Resulta, pues, que con solo 10 arcos y nueve machones, tenemos suficiente en esta construccion, en vez de los 25 arcos y 24 machones que tiene el actual. Y como nos hemos fijado en que la construccion debe ser análoga á la del puente de Neuilly, cuyos arcos están rebajados al cuarto, quiere decir esto, que la luz, sagita ó altura de nuestros arcos será de $\frac{101,8}{4}=25,45$ pies; y como el suelo del rio dista del intrados de la clave 30 pies, resulta que los arranques de nuestros arcos deberán principiar á 4,55 pies sobre el suelo ó fondo del rio.

El ancho del puente por arriba sin comprender los antepechos, pero sí las banquetas, es de 13 varas ó 39 pies; é incluyendo los antepechos, será todo el ancho por la parte superior de 46 pies.

135 Como el Jarama en el verano lleva muy pocas aguas, podemos emplear para su fundacion cualquiera de los métodos esplicados; y aun se podría establecer cada uno de los métodos que hemos indicado en diferentes machones, pues que estamos al principio, para comparar despues los resultados.

Como, en general, conviene principiar á formar la roca artificial ántes del tajamar, una cantidad determinada segun las localidades, y concluir tambien por la parte inferior un poco mas abajo que el tajamar, con una cierta parte de roca tambien artificial, debemos observar, que en el caso presente parece muy bastante el que se principie la espresada roca de brecha ó pudinga artificial como á una distancia tres veces mayor que el ancho de la pila ó machon; y como esta la suponemos de 5 pies, deberá empezar á unos 15 pies de distancia ántes de los machones. En su consecuencia, formarémos por delante del machon un triángulo isósceles, cuya base sea 5 pies y la altura de 15 segun se ve (fig. 76).

El método que, segun la localidad del espresado puente largo, me parece mas adecuado para formar sus cimientos, conciliando todas las ventajas de solidez, economía &c. &c. es el espuesto (§ 129). Por lo que, representando por *abkl* el rectángulo del machon, y por *aeb*, *ltk* los triángulos anteriores y posteriores, estaba reducido á formar en toda esta estension exagonal una brecha ó pudinga artificial.

Como en el espresado parage, mucha parte de la obra se haria en seco, y donde hubiese agua, esta no será tanta que impida á los hombres escavar ó remover el terreno con picos, barras &c., se podría principiar tambien escavando por la punta *e*, algun tanto, ó conmoviendo un poco el terreno, para que las materias fundidas penetren mas; y si por la parte superior quedasen demasiadas materias fundidas, se echarán encima piedras ó cascajo del que se haya separado para rellenar mas con ménos materias fundidas, procurando que el todo quede al mismo nivel sobre poco mas ó ménos que el suelo por donde pasan las aguas. Se continuará por este procedimiento hasta tener el piso de todo el machon con las espresadas partes triangulares anteriores y posteriores al espresado nivel del suelo del rio por donde corre el agua: y en toda la longitud del machon y la de los tajamares, se procurará que la roca artificial tenga como un pie mas de ancho á cada lado para precaver los socavamientos; pero procurando que dicha roca artificial esté bien al nivel del suelo para que sirva de zócalo ó de retallo al machon, sin presentar los inconvenientes que tienen los zócalos ó retallos ordinarios de disminuir la salida del agua.

Podría usarse del método de echar materias fundidas sin ninguna otra preparacion que la de nivelar todo el parage para que todas las partes se hallen al nivel del fondo de las aguas.

El método de los abrojos aqui ni en ninguna otra ocasion habia

necesidad de emplearlo; mas por via de comparacion, podrían hacerse en algunos de los arcos por donde pasa el agua; pero solo en la parte del machon y tajamares, que es donde se ha de elevar la fábrica, pues en las partes triangulares anteriores y posteriores al puente no debiéndose alzar nada el suelo, no convienen los abrojos de ningun modo.

El empléo de los pilotes tampoco es indispensable bajo ningun aspecto. Yo los he propuesto, no por necesidad, ni por conveniencia, sinó por tranquilidad de los pusilánimes; y porque no separándose tanto esta construccion del sistema actual, podrá esto acaso facilitar el que este importante asunto se trate de realizar y no se convierta en una sentina de disputas y altercados, perjudiciales siempre al progreso de las luces, á la teórica, y práctica, y á la opinion de los que promueven semejantes cuestiones.

Y por si se prefiriese su empléo, he aquí el modo con que se podrá proceder para su uso. Como la mayor parte del suelo está en seco, no hay necesidad de ninguna preparacion para clavarlos. Y como aun donde hay agua, será como unos 2 ó 3 pies lo mas, que no impide el que los operarios en verano trabajen algun tiempo dentro del agua, se podrán clavar como en seco hasta que su cabeza esté al nivel del agua; en cuyo caso, se introducirá en la parte hueca del pilote otra sólida de igual capacidad con un resalto como representa la (fig. 72), y se golpeará hasta que la cabeza del pilote se halle al nivel del suelo. Por lo que clavarémos en *e* un pilote de los escritos (130) y que en este caso bastará que tenga unos 6 pies de largo, cuatro ó cinco pulgadas de lado, y cuyas ranuras sean como de 1 pulgada; y encima echarémos materias fundidas, para que se forme una brecha ó pudinga de esta profundidad y de la mayor estension lateral. A la distancia de 2 pies mas cerca del tajamar, se clavará otro pilote en la direccion de la altura del triángulo, de la misma profundidad, pero que si hubiese disposicion podría tener un poco mas de grueso, ó ser mas grandes las ranuras ó agujeros para que la cepa sea mayor.

A otros dos pies se pondrá otro que sea mayor que el anterior y que lo sean sus ranuras. A otros dos pies se pondrán ya dos pilotes como el primero, distando entre sí solo pie y medio; á otros dos pies se colocarán otros dos pilotes que sean algo mayores que los primeros; á otros dos pies se clavarán otros dos pilotes, que ó ellos ó sus ranuras sean algo mayores que los anteriores. A otros dos pies se pondrán ya tres pilotes como los primeros; á otros

clavarán tres como los segundos; y á otros dos pie
cuatro pilotes como los primeros, y lo mismo se prac
da la longitud del machon. Por la parte superior
stos pilotes metálicos ó de piedra, se echarán materia
a que formen una sola masa de brecha ó pudinga co
ascajo, guijo ó arena del fondo en el espacio que com
triángulo. En toda la superficie *abkl* de la pila se po
los cuatro órdenes de pilotes regulares, que señalamo
de dos en dos pies, poniendo uno en cada orilla, y lo
el medio, equidistantes todos entre sí. Y para mayo
e pondrá otro órden de pilotes á cada lado con la cir
e estar colocados en los huecos de los otros, como repre
ma (fig. 76), para que haya al nivel del suelo una espe
, que haga oficios de zócalo ó retallo sin tener sus in
de presentar un obstáculo al paso del agua. Sobre tod
ín materias fundidas, y se procederá como hemos dicho
e hasta tener ya la obra fuera del agua.

ntinuar desde fuera del líquido hasta el punto de los
los arcos, se procederá del modo siguiente. Se elegirán
edra berroqueña ó granito de unos cuatro pies y medio
las demas dimensiones arbitrarias segun las circunstan-
stas piezas no se labrarán, sinó en tosco, segun vienen
a: se les hará uno ó dos taladros, ó agugeros de arriba

charán materias fundidas por los costados hasta que rellenen toda la cavidad del molde. De este modo quedará toda la superficie sterior cubierta de una capa de fundicion, y el núcleo será de piedra berroqueña ó granito. El objeto de esta disposicion es, que la piedra berroqueña es de mucha resistencia; y mientras mayor sea la pieza, resiste mas, y se ahorran mas materias fundidas. Y con tenerla resguardada del contacto del aire y de la humedad, se la preserva de su descomposicion.

136 Llegada la obra á la altura de los arranques de los arcos, para la formacion de estos, podrá usarse del método ordinario; pero mi nueva construccion presenta la ocasion ventajosa de realizar la hipótesis de *La-Hire*, de que todas las dovelas estén asentadas y unidas con estas materias fundidas, de tal modo que formen entre sí una masa sólida, con tal trabazon, que impidiendo el que se resbalen unas sobre otras, resulte el arco como si fuese de una sola pieza. En este caso, no habrá empuge oblícuo contra los machones, y resultaría una construccion conforme con la esperiencia; porque cuando los arcos se caen, es en general por faltar á los machones la competente fuerza para resistir la presion oblícua.

137 Efectivamente, esta construccion mia podría tambien reemplazar á la ordinaria, usando de materias fundidas, en vez de mezcla, en toda la obra del puente. Lo cual traería, ademas de las ventajas por parte de la solidez, mucha economía por la siguiente razon. No había necesidad de labrar las dovelas, sinó por el lado inferior para que ajustasen y amoldasen bien sobre la cimbra; echando materias fundidas entre dos dovelas, miéntras mas deigualdades tengan estas en sus superficies, será mejor; pues que trabarán con mas exactitud las materias fundidas en las piedras y formarán una sola masa sólida.

Para este efecto, deberían elegirse materias fundidas que fuesen flexibles, que despues no formasen una liga agria, sinó que tuviese una cierta ductilidad para resistir á las conmociones que causan los carruages. Entónces el grueso de la bóveda por la parte superior, esto es por la clave, bastará que sea muy pequeño. Formando el piso superior de losas grandes, de las que se sacan en lajas de las canteras apizarradas, y uniendo con materias fundidas, y aun con grapas si se quiere, las unas con las otras, y poniendo planchas de fierro ó losas muy lisas para el tránsito de las ruedas, no hay nada que recelar en cuanto á la solidez. Pero aun sería mejor que todo, para evitar las conmociones del puente, el que su piso superior se cons-

truyese como los caminos ordinarios; y si se hiciese uso de escorias de fierro, en vez de cascajo ó guijo, sería lo mejor de todo.

Por la parte de arriba del puente y por la parte de abajo, se pondrá el tajamar á gusto del Ingeniero ó Arquitecto, dando el grueso de los antepechos y la escarpa que mejor les parezca. Segun mi opinion, el tajamar anterior deberá ser un triángulo equilátero mistilíneo como representamos por *aib* en la (fig. 76), y el posterior un triángulo isósceles en que los lados iguales fueran duplos del lado desigual, como representamos por *lsk*.

138 El objeto de poner las partes triangulares *aeb*, *ltk* ántes y despues del puente, es hacerle mas resistente, de un modo tan extraordinario que no se puede concebir haya fuerza procedente del agua capaz de destruirle. En efecto, cuando en un muro ó machon, que se compone de albañilería ó cantería, una fuerza *P* viene á chocar al sillar *A* (fig. 77), si la parte de mezcla de la juntura *mno* no puede resistir á dicho empuge, y el sillar *A* no está sostenido suficientemente por detras, dicho sillar *A* girará al rededor del punto *n*, y será trastornado, destruido y conducido por la fuerza del agua, independientemente de la resistencia de la parte inferior de todo el muro. De manera, que la solidez de este, cualquiera que pueda ser en su parte inferior, no impedirá el desprendimiento del sillar *A* en las circunstancias dichas. Por consiguiente, en la construccion ordinaria, cuando un madero por ejemplo, conducido por el agua viene á chocar en *a*, si su fuerza impulsiva es mayor (58) que el valor $\frac{1}{2}b.(P-p)abc$, que correspondiese al sillar segun sus dimensiones y peso específico, junto con el valor numérico que espresase la trabazon que tiene la mezcla, girará el sillar al rededor del punto *n* y será destruido, aunque todo lo demas del machon y de los cimientos tengan una resistencia indestructible.

Por el contrario, en nuestra construccion, usando de materias fundidas en vez de mezcla, el sillar *A* queda tan adherido á lo demas del machon, que es mas fácil romper el mismo sillar, que desprenderle de sus inmediatos, por tener mas resistencia las materias fundidas de las junturas, que la misma piedra. En este caso, el efecto de la potencia *P* no podrá ser otro que el de hacer girar todo el machon sobre su punto de apoyo *G*, si no hubiese por la parte inferior cimiento; pero habiéndole, y llegando hasta *C* por ejemplo, el efecto de dicha potencia *P* será el de hacer girar toda la masa de roca artificial y todo el peso del agua que se halla sobre la parte *BF* al rededor del punto D. Luego la fuerza *P*, aplicada en *A*, para

usar algun esfuerzo contra el machon, debería ser capaz de hacer
ar al rededor del punto *D* toda la masa sólida *ABFEDCGH*, y
emas de levantar toda el agua que reposase sobre el triángulo *abe*
. 76), cuyo perfil representa la *BF* en la (fig. 77); y sin detenerme
formalizar el cálculo del valor que debería tener esta potencia *P*,
concibe fácilmente que no hay probabilidad de que exista jamas
caso en la naturaleza en que haya riesgo de que, aun suponiendo
e el agua arrastre árboles ó cualesquiera otras materias, pueda te-
rse que se produzca una fuerza capaz de imprimir el mas leve
vimiento, como se convencerá el que efectúe el cálculo en toda
pótesis posible.

139 Si en la construccion que suponemos se encontrase alguna
a, de las que dice Taramas hallaron en la construccion del espre-
lo puente largo, y que se trágaron 800 pilotes de á 46 pies de
gitud cada uno, se procederá por el método espuesto (122 y
uientes).

Si se adoptase, para la construccion del arco del puente, el ha-
uso de materias fundidas, entónces la consideracion que hemos
cho de la fuerza necesaria para trastornar solo la parte de un ma-
on, debería considerarse como capaz de trastornar contra los puntos
apoyo *D* de los estremos inferiores de las cepas de los tajamares
los machones por la parte de abajo, toda la masa del puente, in-
sos los estribos ó cabezas; y si no se concebía fuerza en la natura-
a, producida por el agua, capaz de trastornar solo mi machon,
ménos razon se podrá concebir que existe fuerza alguna origina-
por dicho líquido, capaz de hacer girar todo el puente, que debe
siderarse como una masa veinte, treinta, &c., veces mayor que la
siderada en un solo machon. Si se llegase á construir un puente
r este sistema que yo propongo, y se comparasen los gastos que
ginase con los del espresado puente largo sobre el Jarama, se no-
ría la grande economía por mi sistema, aun ahora en los princi-
os, que ni tenemos el carbon de piedra á nuestra disposicion, ni
seemos todavía las simplicaciones importantes que el uso y la prác-
a enseñarán.

140 En esta construccion, que yo propongo, se verifica la cir-
stancia de que, aun cuando por algun accidente inesperado, faltase
obra en algun punto, como todo formaba una parte sólida, nada
perjudicaría al puente ú obra de que se tratase. Y aun cuando
siéramos suponer algun resentimiento, este podría ser de dos es-
ies, ó causar flexion en algunos parages, ú originar una rotura.

Si era flexion, nada importaba; la obra quedaría formando su servicio como si nada hubiese padecido. Si fuese rompimiento, es decir, que por algun parage sus partes perdiesen la continuidad y quedase partida en dos ó mas, estaba reducida la compostura á rellenar las rajas, grietas ó espacios vacíos que resultasen, con materias fundidas, y quedaba otra vez en pleno servicio, como si tal cosa hubiese acontecido, debiendo esperarse estos casos de composturas muy remotamente. Y si se quisiese suponer que la rotura ó roturas eran muy grandes, para rellenarlo todo con materias fundidas, entónces se usaría tambien de piedras que hiciesen el oficio de puente uniendo el un estremo de la rotura con el otro, es decir, que las partes sólidas separadas podrian servir de pilas, ó estribos para el nuevo arco que ocupase el espacio vacío que resultase.

Por el contrario, en el puente largo, segun resulta en el dia, sería curioso y digno de la mayor atencion averiguar las composturas que ha exigido y lo que en él se ha gastado, tanto para su construccion como para su conservacion y reparacion, y los daños que ha originado con sus inundaciones en los terrenos inmediatos. Por mi parte, puedo asegurar que en las repetidas veces que he pasado por dicho puente, siempre he visto que estaban haciendo en él composturas de consideracion.

141 La figura 78 representa el espresado puente largo segun existe, y la hemos copiado de la obra de Taramas; la fig. 79 representa que, con arreglo á mis principios, se debería ejecutar en aquella localidad; y sin mas que fijar la vista en ambas figuras, se notará que hasta nuestro espíritu se abruma con la pesadez de la fig. 78, que parece construida exprófeso para impedir el paso del agua, cuando en la nuestra apenas es sensible la diminucion de la salida de las aguas. Y como los estragos de las inundaciones que se originan en la proximidad de los puentes, provienen de la diminucion de salida que ofrecen los machones, resulta que, en el puente construido por mi sistema, los perjuicios de las inundaciones serán casi nulos, cuando son de tanta consideracion en la actualidad.

Uso de mi nuevo método en la construccion de las presas, azudes, atagueas, cascadas, &c.

142 Si aun se necesitasen mas razones para comprobar el sólido fundamento con que yo no he perdido jamas de vista el escogitar mi sistema, bastará recordar que en la presa de Guadarrama y las cuatro leguas de canal que están construidas y que llegan hasta muy cerca de la casa del Campo, se gastaron 13 millones. La presa es

olosal; y en prueba de lo vicioso de la construccion actual de obras idráulicas, baste decir, que dicha presa se arruinó por un parage, stando á los dos tercios de su altura, ántes de echarle el agua: esto arecerá increible; pero es un hecho que yo tengo reconocido, y de ue hablo en la pág. 492 del Mercurio de octubre de 1824.

Una presa como aquella, por mi nueva construccion, cuando ya e tuviese la práctica necesaria y el combustible, &c., no podría cosar un millon de rs.; y aun cuando supusiéramos que fuese en un rincipio, es decir, que hoy se tratase de ejecutar sin práctica y sin ombustible adecuado, &c. no llegaría su importe á la 3.ª ó 4.ª parte le lo que costó al construirse. Sobre este punto debo manifestar, que as gentes, y aun varios facultativos, se hallan generalmente en un rror acerca de la resistencia de los materiales. Y para comprobar on hechos prácticos á cuan poco podría reducirse el grueso de las hapas metálicas ó de piedra con que se podría hacer la presa, emutidas en piedras ó chapas metálicas de mayor grueso, basta observar que la altura de la presa debía ser como de unas 100 varas, que quivalen á 300 pies. Ahora bien, lo que se llama una presion atnosférica ó la fuerza de la presion equivalente á una atmósfera es la le 0,76 metros de mercurio, que adoptando el peso específico de este netal de 13,568 respecto del agua como hemos hecho (§ 538 Mec.) quivale á la de una columna de agua de 10,3 metros ó de 37 pies spañoles: y siendo 300 pies la altura de la presa equivale á 8 veces a altura de 37 pies, ó á la presion de ocho atmósferas, como se acostumbra decir.

Mr. Tredgold, en el 2.º ejemplo del § 529 de su obra intitulada *Tratado de las máquinas de vapor* *, encuentra que se debe dar 2,4 entímetros de grueso ó una pulgada española de espesor á una calera de fundicion de fierro en que el diámetro interior fuese de 90 entímetros y la fuerza del vapor 5 atmósferas. Como 5 atmósferas quivalen á una columna de agua de 185 pies de altura, y aquí eran necesarios 300, faltan 115; y suponiendo placas de pulgada y media ó dos pulgadas españolas de grueso y de una vara en cuadro no hay duda que resistirán.

143 Calculemos la presion de una vara cuadrada á 100 varas de profundidad de agua. Se tendrá que será igual (§ 511 Mec.) al peso de una columna de agua de una vara cuadrada de base y una

* Véase la pág. 315 de la traduccion de esta obra por don Gerónimo de la Escosura.

altura de 100 varas ménos media vara, por lo que dista el centro de gravedad de la superficie del nivel, pero lo supondrémos aun para mayor seguridad de las mismas 100 varas, y tendrémos que el peso que debe sostener será el de 100 varas cúbicas de agua. La vara cúbica tiene 27 pies cúbicos, luego equivaldrá al peso de 2700 pies cúbicos de agua; y como el pie cúbico de agua, á la temperatura media y la presion media en España, le podemos suponer, en virtud de lo espuesto (§ 241 Mec. Práct.), de unas 47 libras españolas, resulta que será equivalente á 1269 quintales.

No hago ningun cálculo particular; porque la resistencia de los materiales formará el objeto especial de otra obra mia: y sin tomar este asunto en consideracion, atendiendo á la confusion que resulta en los Autores, por la diversidad de medidas, y aun del modo de hacer las evaluaciones, acaso resultaría mayor oscuridad. Yo desearía por otra parte que las circunstancias me proporcionasen hacer algunos esperimentos sobre materiales de España. Pero estoy seguro de que, combinando el tamaño de los pequeños cuadros y el grueso, &c., se podrían hacer este género de obras con una economía muy estraordinaria.

144 Ademas, si por la parte inferior de donde viene el agua se echase tierra simplemente, como sería muy oportuno para hacer camino, &c., se podría conciliar el que la presion del líquido sobre la presa se equilibrase con la presion ó empuge de las tierras por el lado contrario, en cuyo caso, se podría reducir el grueso hasta el de una simple chapa de plomo tan delgada como se quisiese. Mas no obstante, para no aventurar jamas la seguridad de la obra, convendrá calcular los gruesos de las partes, como si el empuge de las tierras fuese nulo.

145 Estos trozos de piedra de una vara cuadrada se podrán manejar con facilidad; y su colocacion no sería penosa, pues estaba reducida la dificultad á encajarlas y soldarlas con otras piezas, á manera de los tableros de las puertas y ventanas, asegurándolas en los peinazos y cruceros; y despues afirmar estos peinazos y cruceros con otros de mayores dimensiones de distancia en distancia; y luego con otros trasversales para asegurar estos, y que todos se afirmasen entre sí recíprocamente. Si los tableros se hiciesen rectangulares, acaso se haría mas fácilmente la operacion, pues correría con mas facilidad la soldadura. Pero conviene que sean cuadrados, porque de este modo hay ménos soldaduras que hacer, á causa de que las figuras regulares, en igualdad de superficie (§ 537 T. E.) tienen ménor perímetro.

De trecho en trecho se debería disminuir el grueso á proporcion que fuese disminuyendo la altura del agua: y una presa de esta naturaleza estaría representada por la (fig. 80) vista por la parte de abajo. La (fig. 81) representa su planta; y el corte se halla representado por la (fig. 82).

Una presa de esta naturaleza, si llegaba el caso de romperse, no causaría tanto daño como las otras; pues si despues de hecha, toda ella ó una parte suya, de repente caía ó se desprendía, no podría ser arrastrada por el agua, por componer una masa sólida, de un peso y magnitud que el agua no podría moverla; y solo resultaría el inconveniente que el agua pudiese originar, y no el que provendría de llevar el agua arrastrando los peñascos, que son los que causarían mas daño, como sucedió al principio de este siglo, cuando se verificó el rompimiento del pantano de Lorca *.

En nuestra construccion, si por algun accidente resultase alguna filtracion, se podría evitar dirigiendo allí, sea por la parte interior, sea por la parte esterior, la competente materia fundida por alguna reguera, tubo, &c.; y aun habrá casos en que la materia fundida en un simple candil, pueda ser suficiente para tapar algunas filtraciones, rezumos ó chisquetazos.

146 En prueba de que los materiales resisten mas de lo que se cree, debo advertir, que una de las obras que examiné con mayor detencion en Francia sobre este particular, fué el depósito de agua llamado de *Cuson*, que sirve para alimentar el canal de Givors, entre Saint-Etienne y Lyon. El grueso total del muro es de 344 pies franceses; su altura total de 100, sin contar los cimientos que tenían 40 pies de profundidad. El agua sube hasta 97 pies; el largo de la presa es de unos 700 pies. Por la parte anterior, es decir, por la que sostiene el agua, no tenía rampa ni escarpa; la de Guadarrama sí la tiene. Pues para sostener una altura de agua de 97 pies, era suficiente una tablita como de una pulgada de grueso y un pie en cuadro, que hacía como de compuerta en la parte inferior del depósito.

147 Yo he verificado el hecho siguiente. He llenado de mercurio un tubo de mas de 4 líneas de diámetro interior, un tercio de línea de grueso y mas de 3 pies españoles de largo; y ha resisti-

* Este funesto acontecimiento se verificó el 30 de abril de 1802 á las dos y media de la tarde: llegó la inundacion al pueblo, que distaba de la presa como unas dos leguas, á las cuatro de la tarde. Causó grandes estragos, pues derribó las casas de calles enteras, inutilizó terrenos, arrancó árboles, ahogó un considerable número de personas, &c., &c. El padre de mi condiscípulo y amigo don José Muso y Valiente sufrió mas de medio millon de pérdida por esta inundacion.

do á esta presion: y como el peso específico del mercurio es 13,568 veces mayor que el del agua, resulta que el mismo tubo hubiera resistido á una presion de agua de mas de 40 pies: esto es que dicho tubo de vidrio no se hubiera roto si hubiese estado lleno de agua hasta la altura 40,7 pies; esto es teniendo un grueso de $\frac{1}{3}$ de línea; luego si le supusiéramos con un grueso de 5 líneas solamente, resistiría infaliblemente á una columna de agua de mas de 600 pies. Y como las lajas de piedras resisten mucho mas que el cristal, ó vidrio, no habrá dificultad en concebir que una laja de piedra de una vara en cuadro y 3 ó 4 pulgadas de grueso, resistirían á la presion de una columna de agua de quinientos ó seiscientos pies. Pero si aun se quisiese no aventurar nada, con darles 7 ú 8 pulgadas, un pie ó aun dos pies, hasta el mas pusilánime se tranquilizará en virtud del esperimento citado que cada uno puede verificar. Y de este grueso de 1 á 2 pies, que por nuestro sistema es mucho mas que suficiente, á 344 pies que tiene de grueso el depósito del espresado canal de Givors, y á mas de 500 pies, que tendrá la presa de Guadarrama, hay una diferencia muy considerable; y ademas la mia no se caerá, como ha sucedido á la de Guadarrama.

148 Pasemos á indicar algunos detalles de construccion de las presas por mi sistema. A dos especies se pueden reducir las presas; unas atajan la corriente de todo punto para hacer que las aguas vayan por un parage determinado, como canal, acequia &c. y otras no vienen á ser mas que un obstáculo para que rebalsen y se eleven las aguas, rebosando por encima.

Ocupémonos ante todas cosas de las primeras. Cualquiera que sea la posicion, que haya de tener la presa, se afirmará el suelo por los métodos establecidos anteriormente, procurando estender algo la solidificacion del terreno por la brecha ó pudinga artificial, tanto mas arriba como mas abajo del parage por donde haya de pasar la presa. Lo primero, que se ha de procurar, es elegir el parage donde han de situarse las llaves ó salidas que se dispongan para si llega el caso de tener que desaguarse la presa. En este parage, que convendrá que sea cerca de una orilla para mayor comodidad, y no en el medio como se suele practicar que es como están en la de Guadarrama y de Givors, se procurará fijar verticalmente unos cuantos pilares, sea de piedra natural, sea de materias fundidas, lo cual se puede conseguir de varios modos. Lo que se presenta mas sencillo, cuando el suelo no es bastante firme, es ántes de empezar á formar la

ficial, clavar en el fondo un cierto número de pilotes metá-
de piedra, ó los abrojos, á fin de que, al echar luego las
fundidas, formasen una masa sólida. Despues, en la línea
la estension que se juzgue necesaria, se pondrán cajones en
ndo análogamente á lo espuesto (124), usando de buzos en
esario, quedando dentro de estos cajones las puntas de los
ó de las barras, pilotes ó piezas que se clavaron en el suelo.
s cajones se deberán llenar de piedras y de barras de mate-
didas, que sobresalgan siempre algun tanto fuera del cajon.
rán materias fundidas, y quedará hecho todo una masa sóli-
e este cajon, se colocará otro, análogamente, que contenga
s de piedra fundidas que se quedaron salientes sobre el ca-
ior. Se echarán encima materias fundidas, y se continuará
modo hasta tener ya la obra fuera del agua por aquel solo
siguiendo el rio su corriente en lo demas del lecho. Estando
ra fuera del agua, se pondrán allí el número de llaves y de
itud conveniente, para el desagüe de la presa cuando se ne-
echo esto, y construyendo por la parte inferior de dichas
boquetes el cauce necesario para el libre paso de las aguas,
sea en una cierta estension de brecha ó pudinga para que
mediaciones no haya socavamientos, se dejarán abiertas las
cualesquiera otra disposicion que se dé, como boquete &c.,
tinuará formando la roca artificial del suelo, y lo demas del
de la presa, por el método que entre los esplicados, con-
ejor, segun las circunstancias; y se continuará hasta que se
obra fuera del agua: en cuyo caso, toda el agua del rio sal-
las llaves ó boquetes; y desde aquí ya se podrá proceder for-
demas de la presa con lajas de piedra, chapas metálicas y
fundidas en los términos que acabamos de esplicar (145).
este procedimiento, resultará que el agua quedará rebalsa-
la cantidad que la situacion de las llaves esté mas alta que
antiguo del rio; pero esta porcion se irá rellenando bien
on el fango ó tierra que depositen las aguas; y como en una
tension hay roca artificial hecha con materias fundidas, esta
su peso contribuirá á comprimir la parte de dicha roca ar-
está anterior á la [illegible] la presa, lo cual cooperará
la presa gire sobre su

ar algun tanto las
ó lo ancho del rio

ocedimiento que hemos espresado (§ 122 y siguiente
quisiese que proporcionase la navegacion, se haria u
parage que se juzgase mas conveniente, que por lo ge
que sea en uno de los lados.

o Este género de construccion se facilitaría mucho,
linaria economía, haciendo uso de las lajas de piedr
de pizarras, de que hemos hablado en el capítulo
te mismo libro, las cuales se podrían disponer de est
En primer lugar, para el fondo de los cimientos y qu
asase por debajo, se podrá reducir á principiar por
das, haciendo que la brecha, ó pudinga se estienda m
egun las circunstancias locales. Despues, se principiará
distancia en distancia, una especie de pilares de p
o competente y que presentasen en su planta l
DEFGK (fig. 83), á fin de que los cortes *ABC*, *DE*
acer con sierra, que es mucho mas fácil. Despues las
s, sean cuadradas ó rectangulares, pero que es mejor
s, porque, á igualdad de perímetro, tienen mayor sup
rán en planta del modo que espresa *mnop* de la mism
punto *C* se pondría una tabla cualquiera ó una laja
pa metálica con agujeros, á manera de lo espuesto
en otra en el punto *A* para que sirva de molde y no
s materias fundidas; se echan estas por encima, y q

ménos hasta que se haya perdido el miedo; pero cuando la prác-
a haya confirmado, como lo hará muy en breve si se pone en
cucion, bastará derramar simplemente materias fundidas en todo
parage que ha de ocupar la esclusa; lo que formará una especie
pudinga ó brecha. Y en caso de ser de tierra el parage, se echa-
de antemano cascajo ó guijo, ó se echará en el acto de derramar
materias fundidas, sirviéndose para determinar el grueso de esta
a de brecha ó pudinga, de los mismos medios que se valen en
fundiciones de fierro para determinar el grueso de las goas ó pie-
de fierro colado. Podrá tambien convenir hacer algunos agujeros
el suelo, rellenarlos de piedras, echar materias fundidas, y que
gan á ejercer el mismo oficio que los pilotes. Sobre esto se esta-
cerá el suelo formando un sólido de roca firme y permanente;
pues se edificarán los espolones y demas partes de la esclusa
los métodos esplicados (142 y siguientes); y para impedir la
racion de las aguas por debajo, bastará echar simplemente
illa ó cal viva para que las aguas la lleven en suspension ó en
olucion; y al paso que se vayan filtrando, depositarán parte de la
illa ó cal, la cual irá cerrando los conductos, y al cabo de poco
mpo las filtraciones se evitarán en todo ó en la parte mas conside-
ble. Y en caso de que por algun parage se notasen filtraciones,
nas de atencion, bastará echar materias fundidas para estender
s la roca artificial á donde pueda convenir.

Nuevo método para convertir la fábrica de sillería en una sa sólida, semejante á la que resulta usando de materias fundas.

152 Ha formado mucho el asunto de mis meditaciones el ver
mo se podría sacar partido de la presa hecha en Guadarrama; y
en mi Memoria sobre la nivelacion del Jarama, Lozoya y Gua-
lix, indiqué la cantidad con que se podría habilitar no solo la ro-
ra, sinó hasta reunir dicha obra con el canal de Manzanares, se-
n aparece de la pág. 492 del Mercurio de octubre de 1824. Esto
a ántes de estar yo firmemente persuadido de mi nueva construc-
on. Mas desde que ya estoy convencido, he meditado mucho para
r el modo con que se podría enlazar la parte ya hecha con mi
ueva construccion; y con este motivo he ideado un aparato, á que
amaré *soldador de piedra ó de fábrica de sillería ó cantería*,
orque su uso puede servir para soldar unas piedras con otras en las
bras ya construidas, como es la espresada presa, y que acaso la es-
eriencia dará á conocer poder servir para valerse de la construccion

ordinaria con ventajas notables, soldando todas las junturas de las piedras, y haciendo que toda la parte esterior presente una roca ó masa sólida, que impidiendo el contacto del aire y del agua con la mezcla de la obra, impida los inconvenientes que hemos manifestado (100).

153 Para dar á conocer el espresado aparato, debo recordar que en el § 425 del tomo 2.° de mi Compendio de Matemáticas, doy á conocer un nuevo *soplete* que se acababa entónces de inventar por *Newman*, con cuyo auxilio se consigue fundir instantáneamente todas las sustancias que hasta el presente se han considerado como infusibles. Se reduce, como hemos espresado en el citado parage, á condensar mucho una mezcla de 7 partes de hidrógeno en volúmen con tres de oxígeno tambien en volúmen, ó mas sencillamente, que el volúmen del hidrógeno sea dos veces y media ó solo dos veces mayor que el del oxígeno.

154 Como esta mezcla de gases es detonante, y la menor chispa que penetrase en ella, causaría una inflamacion repentina en la masa gaseosa, resultaría una esplosion terrible, que podría originar la muerte del operario, como sucedió á *Conté*; por lo que ha sido preciso tomar varias precauciones para disminuir el riesgo de la esplosion. Estos medios son el hacer que el conducto por donde sale el gas sea capilar; el poner en el tubo de comunicacion, que se halla entre el depósito y el tubo capilar de la salida, un número considerable de telas metálicas muy finas, que algunos hacen ascender como á 150, y que para mayor seguridad se pueden aumentar; y ademas á poner una capa de aceite comun entre el depósito de la mezcla gaseosa y el tubo de salida.

Las modificaciones que hay que hacer al soplete de *Newman* para que se convierta en lo que yo llamo *soldador de piedra ó de fábrica*, se reducen solo á darle una forma que facilite su manejo cómodamente. Por lo demas, todas las mejoras, que se hagan en dicho soplete, serán aplicables á mi soldador.

155 Sentado esto, vamos á esplicarle. *ABCD* (fig. 84) representa una caja de figura cualquiera, pero que tenga dos asas para manejarla: una se representa en *q*, y la otra debe colocarse en situacion opuesta, y un asiento regular *K* para que se sostenga por sí en el suelo cuando se la deje; y que el grueso de sus paredes resista suficientemente á la presion que se quiere hacer sufrir á la mezcla gaseosa que ha de contener, que siempre bastará con unos $\frac{2}{3}$ de línea de grueso. Por la parte superior tiene una llave *L* que pueda cerrar

ó abrir la comunicacion con el tubo *M* que termina en rosca. En esta parte se adapta un cuerpo de bomba *N*, que, ántes de llegar á su parte superior, tiene otra llave *S*, á la cual se adapta una vejiga que ha de contener la mezcla de los gases; *mm* representa la capa de aceite; *nh* un tubo metálico sumergido en el aceite, y conteniendo en la parte inferior una pieza con tuerca guarnecida con tela metálica, y en la superior hay otra tuerca, á la que está unido el tubo *rs* con su llave *t*, que en la parte *o* lleva el gran número de telas metálicas, de que hemos hablado ántes.

El uso de este aparato es el siguiente: se principia por llenar la vejiga con oxígeno é hidrógeno * de modo que el número de cuartillos ó medidas de hidrógeno sea doble ó algo mas, hasta 2 veces y media, del número de medidas de oxígeno. Hecho esto, se adapta la vejiga al cuerpo de bomba y éste á la parte *M* del aparato. Se eleva el émbolo á la parte superior y se abren las llaves *S*, *L*, estando cerrada la *t*. Se aprieta la vejiga con las manos para que pase la mezcla gaseosa al cuerpo de bomba y al aparato *ABCD*. Cuando ya no sea susceptible la vejiga de mayor compresion, se cierra la llave *S*. Entónces se baja el émbolo, el cual obliga á la mezcla, que hay en todo el cuerpo de bomba, á introducirse en el soldador. Cuando el émbolo haya llegado á la parte inferior, se cierra la llave *L*, y despues se eleva el émbolo; cuando este se halle en la parte superior, se abre la llave *S*, y se comprime la vejiga todo lo posible á fin de que pase al cuerpo de bomba la mayor cantidad de la mezcla gaseosa: en cuyo caso se cierra la llave *S*, y se abre la *L*; se vuelve á bajar el émbolo, y se procede en esta forma hasta que la vejiga no contenga ya ninguna mezcla gaseosa. En este caso se tuerce la llave *S*, y se desatornilla la vejiga para llenarla de los mismos gases y en la misma proporcion **. Cuando está llena, se vuelve á adaptar al cuerpo de bomba, y se procede en la misma forma hasta tener en el cuerpo del soldador condensada la mezcla gaseosa hasta el grado que se desée, siendo el mayor límite á que se puede aspirar, cuando se note que empiezan á cambiar de forma

* Hemos dudado si pondríamos aquí el modo de obtener estos dos gases; pero atendiendo á que se van ya multiplicando las cátedras de Química aplicada á las artes, y á que todos los boticarios hacen ya un estudio algo serio de Química, hemos resuelto omitirlo; pues en cualquier parte se hallarán personas capaces de estraer el oxígeno é hidrógeno en la cantidades que se puedan necesitar.

** Tambien omitimos los detalles de esta operacion, por las razones espresadas en la nota anterior, y por hallarse esplicada en los libros de Química.

las paredes del soldador. En cuyo caso se cierra la llave *L*, y se desatornilla el cuerpo de bomba; se abre la llave *t*; y la mezcla gaseosa sale con una fuerza proporcional á su grado de compresion por la punta *s* del tubo *rs*, que convendrá sea muy capilar; se aplica á *s* una mecha encendida para inflamar el chorro de gas, y poniendo á la punta del tubo cualesquiera sustancias, por infusibles que parezcan, como el fierro, la platina, las arcillas mas refractarias, &c., se funden casi instantáneamente. En nuestro caso, se debería agarrar el soldador y dirigir la punta de la llama á las junturas de las piedras de la fábrica hecha, y auxiliando, en caso necesario, de cuando en cuando con algun fundente, como los hojalateros hacen uso de la pez, se podrá conseguir fundir las dos aristas de las piedras que se han de unir, y la mezcla intermedia, y que todo resulte una masa sólida. Para causar mayor efecto, se podrá disponer que en la punta *s* haya mas de un agugero capilar, ya en línea recta, ya formando cruz ó círculo para fundir á un mismo tiempo una superficie mayor. Esta esplicacion es suficiente para usar del soldador; pues aclarará mas al operario un cuarto de hora de su uso, que todas las demas aclaraciones que se hiciesen.

Este aparato solo tiene el inconveniente de ser espuesto á una esplosion; pero con las precauciones del competente número de telas metálicas, y si se quiere la de la capa de aceite, se puede evitar este recelo.

Podría servir en algunas ocasiones el comprimir en este aparato una porcion solo de oxígeno; pero en este caso el chorro de gas debería pasar por un medio combustible como la llama de una bugía ó candileja como representa la (fig. 85). Esto, para otros objetos es suficiente; mas para el nuestro podría ser embarazoso; sin embargo, con una cierta maña podría tambien ser aplicable: sobre cuyo punto no nos detendrémos mas, porque repetimos que un poco de práctica ilustrará mas que una profusa esplicacion.

156 Resulta, pues, de todo cuanto hemos manifestado: *que por este medio se pueden obtener las presas con mucha facilidad, y sin grande gasto; y como por quebrado y desigual que sea nuestro terreno, ejecutando estas presas á las distancias convenientes, se tendrán rebalsadas las aguas, se conservarán á mayor altura, y podrán servir para el regadío, para la navegacion, y para producir pesca, se infiere que nuestra construccion reune todas las circunstancias que se deben apetecer; y estendiendo su uso, como propondrémos* en el libro IX, sería el *mayor bien que*

podría hacer á la España, para que prosperen sus benemérito habitantes, que es lo que yo mas deséo.

CAPÍTULO IV.

Indicacion de los parages de España en que debería establecerse desde luego mi nueva construcion de obras hidráulicas, al ménos por via de ensayo.

157 Por lo espuesto en el capítulo anterior, aparece que *mi nueva construccion es general para todas las localidades*; pero como todo método nuevo, particularmente cuando versa sobre asuntos que han de reducirse á práctica, conviene que se establezca la primera vez por via de ensayo donde sus consecuencias sean ménos funestas, por desgracia no saliese con la perfeccion que se concibe *, es de mayor utilidad el indicar los parages que reunan las espresadas circunstancias.

1.° Ante todas cosas, donde parece que tiene su aplicacion inmediata es en el parage para el cual lo inventé yo mas particularmente, que es para el proyecto de unir el Océano en Orio con el Mediterráneo en Tortosa, por el punto de fácil acceso que yo reconocí, y de que hablo en el libro 9.° Allí existen todos los elementos, que se pueden necesitar, con las mayores ventajas. Y si no hubiera surrido la desgracia de morir la persona que estaba convenida conmigo en suministrarme los fondos para todo género de empresas, que yo conceptuase útiles, acaso ya estaría puesto en ejecucion; pues habiéndose un asunto de interes privado mio, no había necesidad de gastar el tiempo en persuadir á nadie; y ejecutado ya una vez con éxito feliz, la obra construida era el documento mas auténtico para convencer de la bondad del método. Mas, puesto que por el incidente espresado, y algunas otras causas, se paralizó por entónces este importantísimo proyecto, es preciso tener paciencia, hasta que se vea si puede realizarse por otros medios, lo que jamas perderé de vista.

2.° Podría desde luego ponerse en ejecucion, si al realizar el

* Como mi fin no es otro que disminuir las penalidades del género humano, por mas interes que tenga en que se realicen mis idéas, jamas perderé de vista el que se tomen todas las precauciones, para que se eviten catástrofes análogas á las que se verificaron en el puerto de Santa María con la rotura del puente ó puentes nuevos que se contruyeron en tiempo del Conde de O-Reilli.

ducir aguas á Madrid, con la abundancia que exigen
de la capital, se adoptase la idéa que yo tengo por
r depósitos de agua en las montañas; pues las presas
odrían hacer por mi método, reduciendo el gasto á mé-
a parte de lo que costaria por el método regular.

ponerse desde luego en ejecucion con muchísimas ven-
resentes circunstancias, que se han tomado las medidas
l canal de Castilla con sus ramificaciones, acabando
presa de Guadarrama por mi nuevo método segun he-
o; y como construida la presa, se tienen ya cuatro le-
que llegan hasta cerca de la casa del Campo de Ma-
parte superior de la presa deben llegar las aguas hasta
a, donde podrían enlazarse con el canal de Castilla, y
ara llegar al Océano en Oporto, resulta que esta es la
ecuada para meditar sobre este particular; pues de este
ya espedita para Madrid la comunicacion por agua
e Castilla y con el mar en Oporto.

moria sobre la nivelacion del Jarama, Lozoya y Gua-
2 del Mercurio de octubre de 1824, manifestaba que
millones, se podria componer y concluir la espresada
arrama, y establecer la navegacion hasta unirla con
nzanares; pero ahora, en virtud de las ventajas que
nueva construccion de obras hidráulicas, no tengo difi-

s el hacer un puente por mi sistema en el arroyo de Viñuelas, arretera de Francia entre San Sebastian de los Reyes y Fuente no. Es tan necesario este puente, que en mi concepto se interesa onstruccion hasta el decoro del Gobierno.

efecto, es bien sabido que la carretera de Madrid á Irun es principal de España, puesto que es la que nos une con toda pa. Ya hemos indicado (13) que en el Establecimiento de los , segun Gauthey, se interesa el decoro del Gobierno. Pues, bien, todo viagero que de cualquier parte de Europa, viniendo rid, se detenga en el arroyo de Viñuelas si trae avenida, por er puente para pasarle, no podrá ménos de formar una idéa ajosa, al ver á unas tres ó cuatro leguas de la capital, que, en de lluvias, los correos, las diligencias, las sillas de postas, nes, &c., tienen que detenerse á que se concluya la avenida oderle pasar. Y á la verdad que el concepto, que por este hecho se podrá formar acerca de la España, sería bien inexacto y ajoso.

Al hacer yo en 1819 la nivelacion del Jarama, Lozoya y ix, vi concluida enteramente la parte del camino real que hasta la del mismo arroyo llega en cada lado; y por no existir el , que debió construirse al mismo tiempo, se ven obligados los ntes á separarse de dicho camino para ir á pasar el arroyo por age que es intransitable, cuando lleva mucha agua, y por iente los pasageros, sin escepcion alguna, tienen precision de á que disminuyan las aguas.

Yo volví á pasar por este parage á fines de 1829, y aunmalmente no estuvimos detenidos, el conductor de la Diligen- o que hacer un previo reconocimiento para examinar si había en pasarle. Se hallaba todo, esto es, los dos pedazos de cami- en el mismo ser y estado que en 1819, y formó el asunto onversacion, tanto del conductor y mayoral de la Diligencia, le los demas pasageros, el lastimarse de que en un parage tan al no se hubiese realizado la construccion del espresado puen- tónces oí decir al conductor, que habían encontrado muchas ades para establecer allí los cimientos, por ser terreno falso, el último proyecto que había era de construirlo valuando el en un millon de reales.

Yo conceptúo que, en el estado actual de las cosas, este er el primer ensayo, no solo porque, siendo este un proyecto de poco gasto, se puede emprender en el momento, sinó por-

que, á pesar de que para él se deberían hacer los gastos del horno, buscar combustible y sustancias metálicas para fundir, establecer navegacion para el trasporte por agua, &c., &c., á pesar de todo esto, repito, hay mucha probabilidad de que todo costase ménos del millon de reales en que dicen estar graduado.

En efecto, el tal arroyo es verdaderamente un torrente, ya por no tener agua sinó cuando llueve, como porque tiene mucho declive, lo cual origina que el agua lleve una gran velocidad; por lo que será muy peligroso vadearle aunque no vaya mas que mediano.

161 Allí está indicado hacer el puente de un solo arco, de manera que no hay mas que hacer los estribos y el arco, sin necesidad de ninguna otra cosa. El buscar el terreno firme para edificar por los métodos ordinarios, sería efectivamente muy dificultoso; pero por mi método se conseguirá edificarlo con la mayor sencillez y sin estrechar nada la corriente; por lo que nada se tendría que temer por parte de los socavamientos que resultan por el estrechamiento de la salida.

162 Segun lo que yo conservo en la memoria, y sin embargo de que, si se llegase á efectuar, convendría practicar las diligencias espresadas (15 y 16), está reducida la operacion á lo siguiente.

El curso del arroyo viene á ser el *ABCDEF* (fig. 86). Yo no haría cimiento ninguno. Solo haría una simple zanja de unos dos pies de profundidad, y en toda la estension desde *E* hasta *m*, y desde *B* hasta *p*, para formar una cepa de brecha ó pudinga que impidiese el socavamiento de las aguas. Y si se prefiriese el uso de los pilotes, de que hemos hablado (130), bastaría poner algunos pilotes: derramaría materias fundidas en que entrasen partes metálicas, en bastante abundancia para que penetrasen todo lo posible, ó las dejaría caer de grande altura, para que, adquiriendo mucha velocidad, penetrasen mas. Despues iría echando encima la arena y guijo que saqué; continuaría echando materias fundidas, que ya las superiores no importa que no tuviesen tantas materias metálicas. Pero lo que sí era esencial es que por la parte *ED*, se prolongase esta roca artificial ya con pilotes, ya solo derramando sustancias fundidas en la pequeña zanja &c., hasta el punto *m*, á fin de que por aquel parage no corroyesen las aguas el fondo y se abriesen un paso como en la direccion *mn*, y dejasen en seco el puente como el que hay cerca de Talamanca unas tres ó cuatro leguas mas arriba del parage que nos ocupa. Por el lado *AB*, la roca artificial, ya fuese con pilotes, ya sin ellos, ni debería

estenderse tanto en longitud, ni ser tan gruesa; pues que por allí no tiene propension el arroyo á dirigir su curso; y así podría comprender hasta *p* y ocupar el espacio que señalamos con los puntos ó círculos.

En los espacios *hlki*, *rsut*, que hày entre el camino construido y la orilla del arroyo, formaría una roca artificial por el método espuesto (131); y sobre ella construiría los estribos, siendo estos mas estrechos que dicho intervalo, á fin de aumentar mas bien la salida del puente que disminuirla. Los estribos se elevarían hasta la altura que convenga, para que el piso superior del puente se hallase á nivel con el camino construido; á cuyo efecto, y dejar siempre el mayor espacio posible para la salida del agua, el arco debería ser rebajado, y de la forma de una semielipse. Yo haría todo el arco usando de materias fundidas en vez de mezcla, y pondría, para el tránsito de las ruedas de los carruages, largas losas de piedra, que allí no sería difícil encontrar, unidas entre sí por materias fundidas. Pero, en mi concepto, lo mejor de todo para evitar el estremecimiento del puente por el paso de los carruages, yo haría sobre la masa sólida del puente un camino regular, pero que estuviese siempre bien cuidado, y que, si en vez de guijo se echasen escorias de las ferrerías, sería mejor. Por este medio se evitaban los estremecimientos del puente por el choque de las partes duras las unas contra las otras.

Antes de usar el puente, y con el fin de evitar catástrofes análogas á las indicadas (nota del (§ 157)) convendría probarlo de este modo. Se echará arena, que allí está bien abundante, sobre toda la estension del puente, de modo que en cada parage resulte mayor peso que si tuviese una diligencia cargada encima; y si el puente resistía á todo este peso, era una señal infalible de que resistirá al peso ordinario, que lo mas podrá suponerse de dos ó tres diligencias.

Por la parte inferior del puente continuaría un poco la roca artificial sin mas que echar materias fundidas sobre las mismas arenas, ó solo abriendo algo de zanja; con lo cual resultaría en mi concepto un puente mas sólido y permanente que ninguno de los construidos por los métodos ordinarios, y de tan larga duracion como las demas rocas del universo.

163 Las circunstancias por las cuales es tanto mas apreciable esta localidad para el ensayo, es que al buscar únicamente los materiales y la facilidad de su conduccion, quedase establecida la

práctica de dos circunstancias que traerian muchísimas ventajas.

En efecto, cerca de Tamajon hay una mina de carbon de piedra; y aunque segun el reconocimiento científico que se ha hecho de ella, ni dicho carbon es abundante, ni de buena calidad; sin embargo, como para este objeto no hay precision de que el carbon de piedra sea puro, yo no pierdo las esperanzas de que podría ser adecuado para este objeto; y tampoco es inverosímil el que, sacando en un principio de este carbon de mala calidad, que no por eso dejaba de sernos útil, se llegase á encontrar alguna beta ó capa mejor que fuese útil para otros usos, y esto nos hallábamos.

164 Si, en efecto, se hallase el carbon de piedra útil para esta empresa, se debería trasportar por agua por el curso del Jarama hasta su confluencia con este arroyo, que dista poco del parage citado, como representa la misma figura. Esto acaso aturdirá, creyendo que para ello se necesita hacer de antemano navegable el Jarama, por la idéa que se tiene de que *para que un rio ó una corriente de agua sirva para el trasporte de los efectos, es preciso que voguen barcos á vela llena.* Sin embargo, cuando se quiere sacar ventajas de estas posiciones, sin necesidad de que pasen barcos por formal navegacion, se puede conseguir el trasporte de los géneros. En nuestro caso, el Jarama en la estacion del invierno lleva mas que suficiente agua para poder conducir en armadías, compuestas de maderos entrelazados, las leñas, el carbon de piedra y aun los demas materiales si se encuentran por allí sustancias metálicas adecuadas.

165 Hay una circunstancia en España, por la cual acaso sin ningun gasto, se puede facilitar mucho la conduccion de los materiales por armadías, y es lo que abundan los pellejos para la conduccion del vino y del aceite. Estos pellejos, llenos de aire y colocados convenientemente entre los maderos ó palos de las armadías, harán que estas puedan llevar mas peso sobre sí; y arrojadas en el Jarama, la corriente misma las llevaría hasta la confluencia con el espresado arroyo de Viñuelas. Despues los pellejos se llevaban otra vez al embarcadero, y servían todo el tiempo que se necesitase en este trasporte, que, disponiéndolos convenientemente, sería muy raro el que se estropeasen. Siempre sería necesario hacer alguna operacion en ciertos parages del rio; pero en procediendo con arreglo á los principios científicos, sería poco su coste; y entre todo, y aun en el s[illegible]o de que para las sustancias metálicas que se necesiten, fu[illegible]raerlas de Vizcaya, lo que no es probable, pues consta qu[illegible]

n aquellas inmediaciones las hay *, y que aquí nada importa la aturaleza del mineral hasta cierto punto, ni su impureza, es bas-nte probable que con ménos del millon de reales se podría cons-uir el puente con el horno portátil de fundicion, y este quedaba ara otras obras; y si en efecto se hallaba el carbon de piedra, y e establecía el medio de trasporte por armadías, que tuviesen in-erpuestos pellejos llenos de aire, quedarían establecidas estas prác-icas, y espedito el tránsito por agua, lo ménos desde el ponton de la Oliva ó confluencia del Lozoya con el Jarama hasta el puente de Viveros. Imitando despues este procedimiento, se podría conseguir on igual éxito para el trasporte por el Manzanares; y Madrid po-lría tener muchos artículos de primera necesidad, como son la le-ia, la madera, el carbon, los materiales de construccion, &c. &c., le un modo muy equitativo; y en muy pocos años se llegaría á co-nocer el impulso que esto daba á la poblacion. Aun podrían venir obre las armadías otros géneros, si se hiciesen cajas á propósito.

* En efecto, si se pasa la vista por el tomo 6.° de la obra sobre el rígen de las Rentas Reales de España por don Francisco Fernandez Ga-lardo, se ponen las minas siguientes:

"*Provincia de Guadalajara.*

»En el término de Jocar se halla una mina de plata.
En Cardoso y su término se hallan una de oro y plata, y cuatro de di-erentes metales.
En el de Montejo otra de plata.
En el lugar de la Aceveda se conocen cuatro minas de plata, y otras e diversos metales.
En el término de Buitrago hay una de plata.
Y finalmente, en Cogolludo y Tamajon otras dos de plata y oro.

»*Provincia de Madrid.*

»En Colmenar Viejo hay cinco minas de oro y plata, y una del mismo etal con ley de oro.
En el término de la villa de Guadalix hay diez minas de plata, y otras diferentes metales.
En el de Chozas se encuentran otras cinco de plata.
En Manzanares seis de oro y plata.
En Galapagar diez de las mismas materias y otros metales.
Y en Miraflores de la Sierra una de plata."

»*Minas de cobre.*

»Se encuentran tres, á saber, una en Colmenar Viejo, otra en Mira-es, y la tercera en Colmenarejo."
stas minas serán de lo que aquí se espresa, ó de piritas ó de cualquiera a cosa; pero en lo que no cabe duda es en que hay sustancias metálicas; to basta para nuestro objeto. Pudiendo suceder que, al beneficiar estos erales, solo con el objeto de que proporcionen materias fundidas, de peso específico, hallemos algunas sustancias que, beneficiadas por sí, luzcan utilidades importantes de otra especie.

Con lo cual la poblacion de Madrid, por un medio tan indirecto sin hacer ningun sacrificio, ni gasto, recibiría unos beneficios no se pueden conocer lo suficiente, sin haber vivido á la orilla rios navegables; y como luego se podía estender este procedimi en muchas localidades de España, resultaban las ventajas de la vegacion interior sin los grandes gastos que hasta ahora se ha puesto que se necesitaban. ¡Dichoso yo, si en mis dias viese á Madrileños, y en general á los Españoles, disfrutar de alguna las felicidades que les indico!

FIN DEL TOMO PRIMERO.

ERRATAS.

Página	Línea	DICE	DEBE DECIR
102	30	incomprensibles	incompresibles
112	21	En algunos ejemplares $\frac{1}{2}Dgj$	$\frac{1}{4}Dgj$
179	19	*de*	*del*
183	20	coefieiente	coeficiente
252	28	$r=0,7807$	$r=0,07807$
265	17 y 18	cuando despues de haber determinado	cuando se ha determinado
266	12	verá	será
268	27	coresponde	corresponde
269	Rótulo 2.° de la tabla	correspondietes	correspondientes
279	16 nota	respect	respecto
287	9	*del*	*el*
302	1	d'adque	d'acque
313	13	multiplidadas	multiplicadas
319	35	eomo	como
345	20 nota	qu	que
353	15	94,65855	94,65856
id.	19	id.	id.
355	5	$\frac{1}{16}$	$\frac{7}{16}$ de pie
408	33	al	á la
427	última	circunstaneias	circunstancias
430	21	disposion	disposicion
436	15	facilidad la	facilidad que la
id.	16	producen	produce
446	25	descomposion	descomposicion
457	14	Fareinheit	Fahrehneit
480	28	Arquetectura	Arquitectura
486	9	Hassenfrat	Hassenfratz
567	30	Atmófera	Atmósfera
568	19	hidratata	hidratada
582	37	en	de

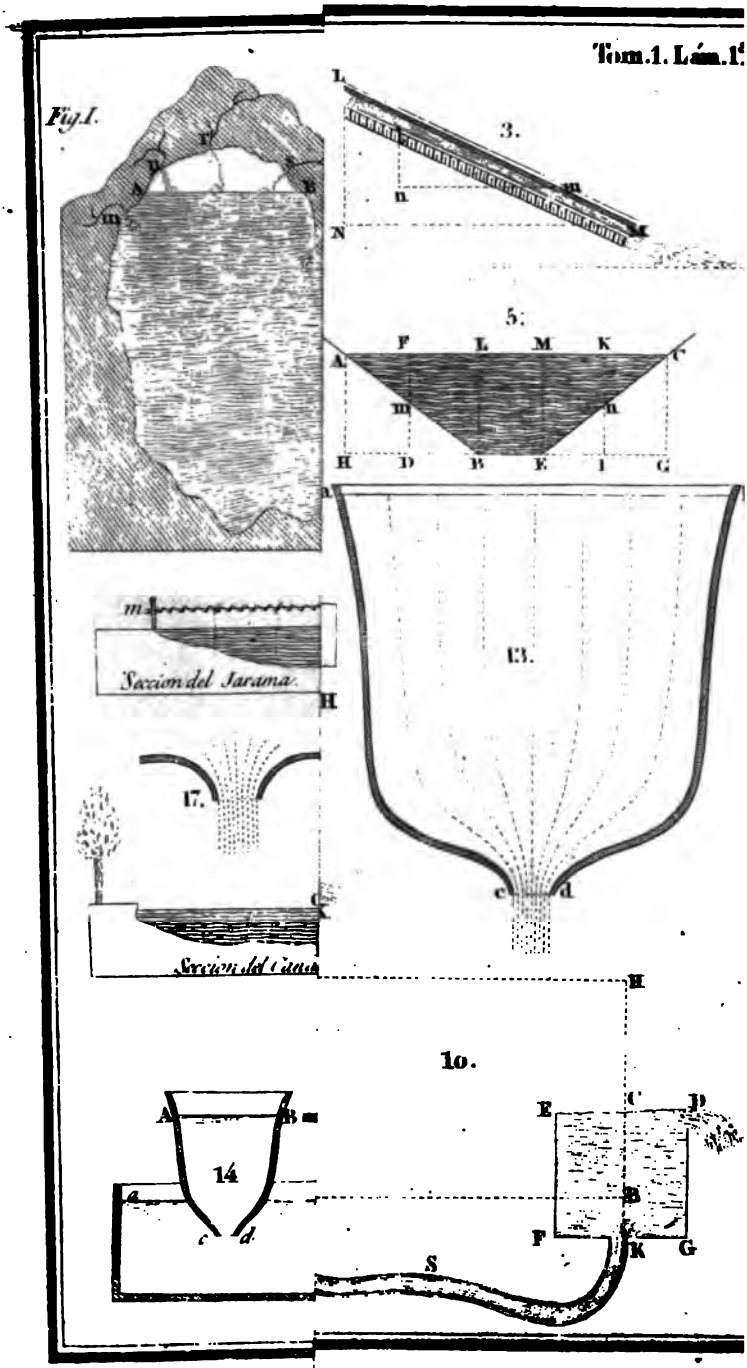
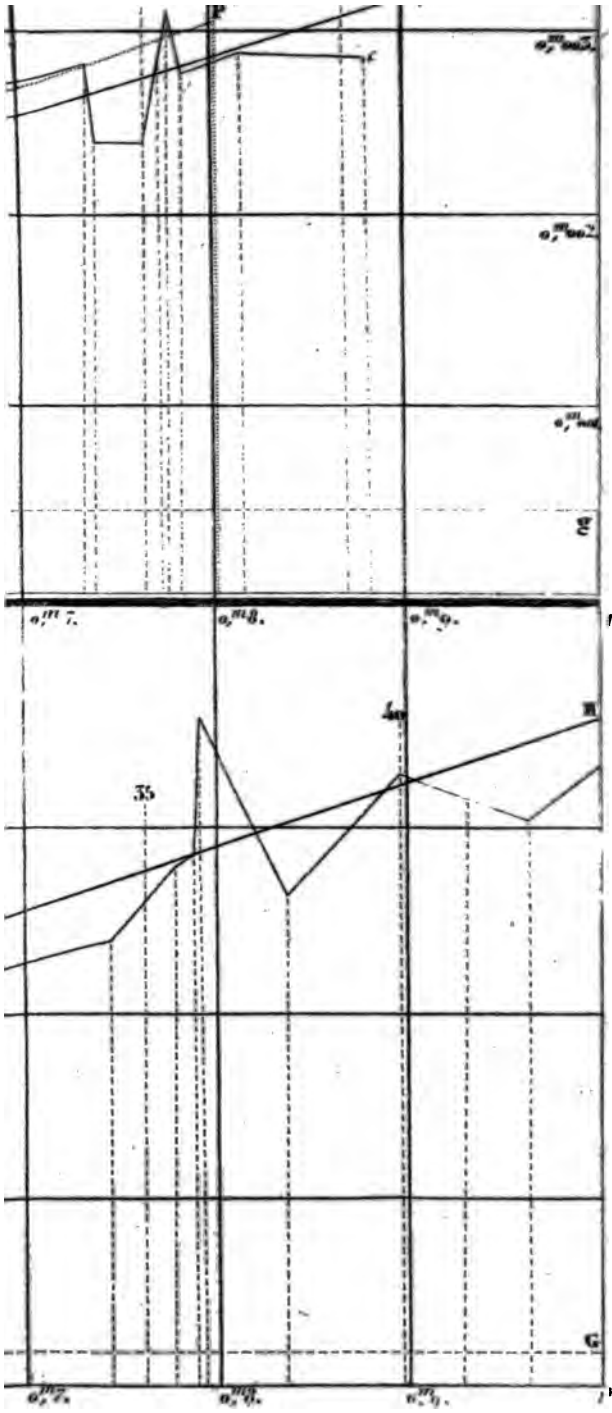
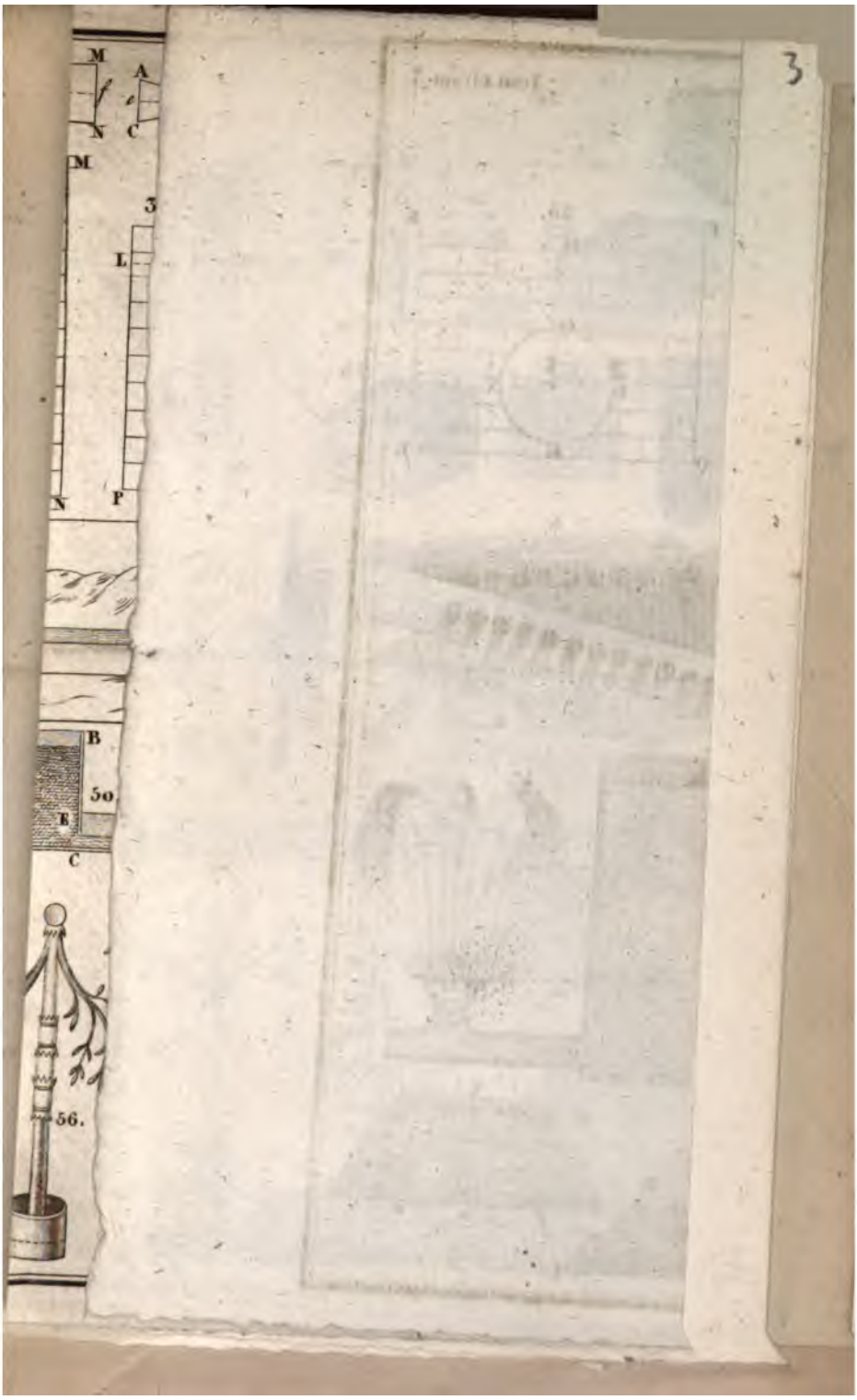


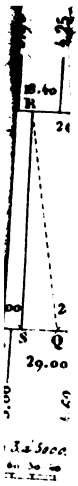
Fig. I.
3.
5.
13.
17.
Seccion del Jarama
Seccion del Canal
14
10.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY


35

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS


M
A
N
C
M
3
L
N
P
B
50
E
C
56.


R
S
Q
29.00

d

NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS

THE NEW
PUBLIC

[redacted]

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
REFERENCE DEPARTMENT

This book is under no circumstances to be taken from the Building

Form 410